

**EFFECTO DEL TAMAÑO DE LAS CELDAS
DE CRÍA SOBRE EL PESO Y TAMAÑO DE LA ABEJA
AFRICANIZADA (*APIS MELLIFERA*)**

GIANCARLO A. PICCIRILLO Y DAVID DE JONG¹

Departamento Fitosanitario, Museo de Artrópodos (MALUZ), Universidad del
Zulia, AA. 15205, Maracaibo, Venezuela. gpiccirillo@luz.edu.ve

¹Departamento de Genética, FMRP - Universidade de São Paulo,
Ribeirão Preto -SP, Brasil.

Resumen. El objetivo de este trabajo es determinar si la diferencia de tamaños de celdas de cría de obreras en panales viejos y nuevos construidos por las abejas africanizadas y europeas afecta el peso y tamaño de las abejas emergentes en colonias de abejas africanizadas *Apis mellifera*. Se colocaron cuatro tipos de panales de cría en cada colonia: Panal africanizado nuevo (PAN), Panal italiano nuevo (PIN), Panal cárnica nuevo (PCN) y Panal de cría viejo (PVI). Se tomaron dos medidas para 80–100 celdas de crías en cada panal: diámetro de celda (DC) y el volumen (VC) que se calculó del DC y de la profundidad de la celda. La longitud del ala anterior derecha (LA) se midió para cada abeja individual y por colonia ($n = 32$). Las obreras criadas en PVI presentaron longitudes significativamente más cortas ($P < 0,001$) que las abejas de panales de crías nuevos (PAN, PIN y PCN). La LA no difirió significativamente entre los panales nuevos ($P > 0,05$). El peso medio de las obreras criadas en celdas del PVI difirió significativamente dentro de cada colonia y entre ellos ($P < 0,001$). Se determinó que existe un aumento en el peso y tamaño del ala de las abejas a medida que el diámetro y el volumen de la celda incrementan.

Palabras clave: Abeja africanizada, *Apis mellifera*, celdas de cría, panal de cría nuevo, panal de cría viejo, tamaño de celda.

Recibido: 16 Marzo 2006 / Aceptado: 30 Junio 2006
Received: 16 March 2006 / Accepted: 30 June 2006

EFFECT OF WORKER BROOD CELL SIZE ON WEIGHT AND SIZE OF AFRICANIZED HONEY BEES (*APIS MELLIFERA*)

Abstract. This work was conducted to determine whether the different sizes of worker brood cells in new and old combs built naturally by Africanized and European bees affects the weight and size of emerging worker honey bees in Africanized bee colonies (*Apis mellifera*). Four types of brood combs were placed in each colony: self-built Africanized comb (NAC), new Italian comb (NIC), new Carniolan comb (NCC) and old Africanized brood comb (OC). Two measurements were made for 80–100 worker brood cells in each comb: Cell width (CW) and the cell volume (CV) that was calculated from CW and from cell depth. The length of the right fore wing was measured for each individual bee and by colony ($n = 32$). The worker bees reared in OC had a significantly shorter fore wing ($P < 0,001$) than in the new worker combs cells (NAC, NIC and NCC). The fore wing size did not differ significantly among the new combs ($P > 0,05$). The mean weights of the worker bees reared in OC cells differed significantly within each colony and among them ($P < 0,001$). There was an increment in bee weight and wing size as the diameter and volume of the cell increased.

Key words: Africanized honey bees, *Apis mellifera*, brood cell size, brood comb, old brood comb, new Africanized combs.

INTRODUCCIÓN

El tamaño de la celda del panal de cría de *Apis mellifera* ha sido objeto de muchas controversias por más de 100 años (Birkey 2001). La invención de la lámina de cera alveolada fue un avance crítico para permitir la práctica de la apicultura, pero también abrió la posibilidad de manipulaciones cuyas consecuencias eran desconocidas científicamente. Sin embargo, la tendencia histórica ha sido proporcionar panales con celdas más grandes, debido a que facilita la producción de abejas de mayor tamaño y con probóscides más largas, lo cual incrementa la capacidad de alcanzar y transportar el néctar (Winston 1987). Recientemente se ha discutido si las colonias pueden ser más eficientes al mantenerlas sobre panales naturales según el tipo de abeja (Birkey 2001), aunque no está claro si existe una ventaja práctica para este tipo de manejo.

En la apicultura, otro problema asociado con el tamaño de la celda del panal es su reutilización para la producción de cría (Morse 1975). Cuando estos se usan varias veces se tornan oscuros, casi negros y más frágiles (Hepburn 1998) debido a la acumulación de capullos y otros materiales adherentes como excrementos y tejido de la pupa de la última muda (Jay 1963). Esto ocasiona celdas cada vez menores y estrechas y por lo tanto abejas de menor tamaño (Coggshall y Morse 1984).

Algunas investigaciones han sugerido que las celdas con diámetros y volúmenes menores producen abejas de menor tamaño en panales viejos, debido a la falta de espacio y a la relativa deficiencia de alimento (Winston 1987). El color oscuro de estos panales también puede ser el resultado de numerosos contaminantes, los cuales son colectados y absorbidos en la cera a través del tiempo. Los panales de diferentes edades así como los provenientes de distintas colonias, varían considerablemente en la composición química de la cera (Breed *et al.* 1995, Frohlich *et al.* 2000). Esta se encuentra constituida por hidrocarburo y componentes de éster (Tulloch 1980), los cuales permiten que se absorban fácilmente varios tipos de materiales. Sin embargo, las esporas de hongos y bacterias, pesticidas y metales pesados pueden ser perjudiciales para el desarrollo y la salud de la colonia, provocando graves enfermedades a las abejas. Entre las que se han relacionado con la edad del panal, se encuentra la infestación por *Varroa destructor*. Se ha demostrado que en panales viejos y con celdas de menor tamaño, se incrementa la acción de este ácaro en crías de obreras provenientes de colmenas de abejas africanizadas (Piccirillo y De Jong 2004).

El verdadero efecto del uso de panales viejos en la apicultura, se desconoce realmente debido a que muchos apicultores consideran que, económicamente, no es posible remover y sustituir regularmente los panales viejos por nuevos. Este hecho se basa en el costo energético que representa para las abejas estirar la lámina de cera y transformarla en un panal funcional, usando la cera derivada metabólicamente (Berry y Delaplane 2001).

A pesar de la importancia aparente para la apicultura de los panales viejos, no existe un consenso sobre el uso de esta práctica, debido a la escasez de datos científicos que determinen las consecuencias, sobre las abejas, de mantenerlos o no en las colonias. Sin embargo, es posible que el costo de la reutilización de los panales por largos periodos pueda ser compensado al anular los efectos dañinos del panal viejo que actúa como un reservorio biológico para toxinas y agentes patogénicos o como una limitación física sobre el desarrollo larval. El objetivo de este trabajo es determinar el efecto del tamaño de la celda de cría de panales nuevos y viejos, usados repetidas veces, sobre el peso y el tamaño de las obreras emergentes en colonias de abejas africanizadas *Apis mellifera*.

MATERIALES Y MÉTODOS

COLMENAS UTILIZADAS

Se utilizaron seis colmenas de abejas africanizadas modelo Langstroth, instaladas en el apiario experimental del Departamento de Genética, de la Facultad de Medicina, Universidad de São Paulo en Ribeirão Preto, Brasil, y se usaron cuatro tipos de panales: 1) Panales nuevos tipo africanizado contruidos naturalmente por las abejas africanizadas (PAN), 2) Panales nuevos tipo cárnico fabricados por abejas europeas cárnicas (PCN), 3) Panales nuevos fabricados a partir de láminas de cera alveolada tipo italiano (PIN) y 4) Panales viejos con muchos ciclos de abejas emergidas (PVI). Todos los panales utilizados presentaban diferentes tamaños de celdas y huevos de una misma reina y se colocaron en la parte central de cada colonia.

PESO DE LAS ABEJAS OBRERAS (PA)

El peso de las abejas obreras se determinó seleccionando los panales con crías próximas a emerger de las celdas, los cuales se introdujeron en una incubadora a 34°C y 60% de humedad. Inmediatamente después de su salida, se tomaron 100 individuos que se pesaron en una balanza analítica. La obtención de ejemplares sin ácaros para determinar el peso, se realizó según De Jong *et al.* (1982). El opérculo se eliminó totalmente con una pinza de punta fina, facilitando

la obtención de abejas saludables y evitando que se escogieran las infestadas con *Varroa*.

DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DEL ALA (LA)

El tamaño de cada abeja se determinó midiendo la longitud del ala anterior derecha, con un estereoscopio Zeiss Wild M8 (8 alas por panal y 32 por colonia). Se utilizaron diapositivas provistas de dos láminas de vidrio de 22 x 40 mm. Cada una se colocó en la base del estereoscopio en posición horizontal, y las alas se observaron directamente a través del ocular micrométrico con una escala horizontal de 0 a 120 unidades, siendo el valor de cada unidad 0,165 mm.

DIMENSIONES DE LAS CELDAS DE CRÍA (DC)

La dimensión de las celdas de cría de los cuatro tipos de panales utilizados, se obtuvo después de la salida de la abeja. Para esto se midieron, por duplicado, el diámetro en mm (DC) y el volumen en mm³ (VC) de 80 a 100 celdas de crías. El volumen se determinó usando la siguiente ecuación: $VC = \text{área} \times PC$, donde el Área = $0,8655 \times D^2$ y PC = Profundidad de la celda. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y las medias se compararon con una prueba de Tukey. La asociación entre las dimensiones de las celdas (DC y VC) con la longitud del ala y el peso de las abejas emergentes se determinó con un análisis de correlación de Pearson.

RESULTADOS

PESO DE LAS ABEJAS OBRERAS (PA)

En la Tabla 1 se muestran diferencias altamente significativas en el peso de las obreras (PA) entre los diferentes tipos de panales de cría ($F = 14,32$, $P < 0,001$, ANOVA). Las abejas nacidas del PVI difirieron de aquellas obtenidas de los panales nuevos PAN, PIN y PCN dentro de cada colonia ($F = 46,524$, $P < 0,001$), excepto el peso entre el PVI y el PAN en la colonia 66 ($P = 0,573$, Prueba de Tukey). En esta colonia, el aumento del PA entre PVI y PAN fue de solo 0,29% a pesar de que el diámetro de la celda (DC) mostró un aumento del 6%. Entre el panal

PAN y el PIN, el PA aumentó significativamente con el uso de la cera laminada dentro de cada colonia ($P < 0,001$), excepto para las colonias 43 ($P = 0,070$) y 73 ($P = 0,863$). En la colonia 73, el aumento del PA entre estos dos panales fue 0,04% aun cuando se observó un incremento del DC en 5,7%. Entre el PAN y el PCN, el PA también aumentó significativamente con el uso del PCN dentro de cada colonia ($P < 0,001$), excepto para la 43 la cual presentó una abeja mayor ($P = 0,183$, Prueba de Tukey). En esta colonia el PA entre el PAN y el PCN disminuyó en 1,7% a pesar del aumento del DC en 6,8%. El peso aumentó con los panales PIN y PCN, pero entre ellos el PA difirió significativamente para la colonia 43 ($P = 0,002$), 73 y 74 ($P < 0,001$), donde el PCN presentó abejas con pesos mayores.

El PA difirió significativamente entre las colonias africanizadas tanto en el PVI ($F = 28,537$, $P < 0,001$) como en los panales nuevos PAN ($F = 72,738$, $P < 0,001$), PIN ($F = 93,888$, $P < 0,001$) y PCN ($F = 13,257$, $P < 0,001$). La colonia 43 que presentó el mayor PA en cada tipo de panal, también difirió significativamente con respecto a las otras colonias. Se observó que aunque el DC entre los panales viejos en las seis colonias no difirió significativamente ($P > 0,05$), el PA presentó mayor variación difiriendo significativamente entre las colonias. El PVI de la colonia 43 aun cuando presentó uno de los menores DC ($4,51 \pm 0,104$ mm), obtuvo el mayor PA.

La Tabla 2 muestra las correlaciones entre el diámetro de la celda (DC) y el peso de las obreras emergentes para cada tipo de panal de cría. En el panal natural (PAN), el DC no estuvo correlacionado significativamente con el PA en todas las colonias ($P > 0,05$). En el PVI, el DC presentó una correlación significativa con PA ($P < 0,01$) en 4 colonias. En el PIN no se encontró una correlación significativa ($P = 0,0322$). Solo en la colonia 73 y en el panal PCN se determinó una correlación positiva y altamente significativa entre el DC y PA en tres colonias. Dentro de cada una y para todos los panales incluidos, el DC presentó correlación positiva y altamente significativa con PA (Tabla 3 y Fig. 1, $P < 0,001$). Al analizar el PAN de la colonia, no se obtuvo una relación directamente proporcional entre el aumento de PA con el DC. Se observó que dentro de un mismo rango de diámetro existe gran

Tabla 1. Pesos de las obreras emergentes (en mg) obtenidas de panales con diferentes tamaños de celdas de crías, en colonias de abejas africanizadas (*Apis mellifera*).

No. Colonia	Media $\pm$ DS				Media por Colonia
	Panal Viejo	Panal Africanizado Nuevo	Panal Italiano Nuevo	Panal Cárnica Nuevo	
43	$95,54 \pm 5,38^a$	$102,36 \pm 4,55^{bc}$	$103,98 \pm 5,26^c$	$100,69 \pm 4,32^b$	$100,78 \pm 5,86_B$
47	$91,93 \pm 3,7^a$	$96,67 \pm 3,53^b$	$101,01 \pm 4,10^c$	$100,53 \pm 4,11^c$	$97,60 \pm 5,27_{AB}$
66	$90,81 \pm 4,7^a$	$91,07 \pm 5,65^a$	$95,49 \pm 4,39^b$	$96,98 \pm 4,61^b$	$93,63 \pm 5,55_{AB}$
73	$88,92 \pm 3,26^a$	$92,98 \pm 4,12^b$	$93,02 \pm 4,00^b$	$97,15 \pm 3,97^c$	$93,02 \pm 4,78_A$
74	$89,38 \pm 3,5^a$	$93,53 \pm 4,28^b$	$95,72 \pm 4,02^c$	$98,94 \pm 5,26^d$	$94,38 \pm 5,47_{AB}$
117	$92,64 \pm 3,46^a$	$94,24 \pm 3,29^b$	$102,20 \pm 3,64^c$	$101,12 \pm 4,74^c$	$97,55 \pm 5,61_{AB}$
Media	$91,57 \pm 4,63^a$	$95,07 \pm 5,54^b$	$98,69 \pm 5,89^c$	$99,23 \pm 4,79^c$	

Las medias en mayúsculas seguidas por letras en sentido vertical son significativamente diferentes entre las colonias ($P < 0,001$), prueba de comparación múltiple de Tukey. Las medias minúsculas guidas por letras en sentido horizontal son significativamente diferentes entre panales de cada colonia ($P < 0,001$).

variación en el peso sin mostrar una tendencia de aumento de peso en el panal natural (Fig. 2). Igualmente, para los cuatro tipos de panales de una misma colonia, el volumen de la celda (VC) mostró una correlación positiva y altamente significativa con PA (Tabla 4, $P < 0,001$). Se encontró una relación directamente proporcional entre el aumento de PA y el VC. La relación inversa también fue observada (Fig. 3).

Tabla 2. Correlación entre el diámetro de la celda del panal y el peso de las obreras emergentes obtenido para cada tipo de panal con diferentes tamaños de celdas de crías, en 6 colonias de abejas africanizadas (*Apis mellifera*).

Colonia	<i>r</i>			
	PVI	PAN	PIN	PCN
43	0,411	0,121	0,131	-0,0168
	($P = 0,000137$)	($P = 0,276$)	($P = 0,129$)	($P = 0,888$)
47	-0,275*	-0,165	0,184	0,0679
	($P = 0,0141$)	($P = 0,18$)	($P = 0,0914$)	($P = 0,542$)
66	0,352	-0,109	-0,212	0,272*
	($P = 0,0028$)	($P = 0,322$)	($P = 0,0547$)	($P = 0,0161$)
73	0,351	-0,107	0,226*	0,0233
	($P = 0,00113$)	($P = 0,308$)	($P = 0,0322$)	($P = 0,835$)
74	0,112	0,109	-0,0368	0,272*
	($P = 0,34$)	($P = 0,322$)	($P = 0,709$)	($P = 0,0192$)
117	0,0638	0,131	0,123	0,340
	($P = 0,956$)	($P = 0,203$)	($P = 0,251$)	($P = 0,00178$)

PVI = panal viejo; PAN = panal africanizado nuevo; PIN = panal italiano nuevo; PCN = panal cárnico nuevo; *r* = coeficiente de correlación de Pearson; *coeficiente de correlación moderadamente significativo.

LONGITUD DEL ALA ANTERIOR DERECHA (LA)

La LA difirió significativamente entre las colonias africanizadas tanto en el PVI ($F = 7,658$, $P < 0,001$) como en los panales PAN ($F = 21,352$, $P < 0,001$), PIN ($F = 19,448$, $P < 0,001$) y PCN ($F = 7,524$, $P < 0,001$). Las colonias 43 y 117 que presentaron LA mayores en cada tipo de panal no difirieron significativamente entre estas colonias ($P = 0,148$) excepto en el PAN, pero si difirieron significativamente con la LA de otras colonias. A pesar de que el DC del PVI entre las colonias no difirió significativamente, la LA presentó mayor variación difiriendo significativamente entre ellas. Los panales viejos de la colonia 43 y 117 que presentaron los menores DC ($4,51 \pm 0,104$ mm y $4,50 \pm 0,107$ mm

respectivamente), mostraron por el contrario las mayores longitudes del ala entre las colonias. En el PAN de la colonia 43 se obtuvo el mayor DC ($4,96 \pm 0,114$ mm) y tamaño del ala.

Tabla 3. Correlación entre el diámetro de la celda del panal y el peso de las obreras emergentes (incluidos los cuatro tipos de panales con diferentes tamaños de celdas de crías en cada colonia de abejas africanizadas).

Colonia	<i>r</i>	Valor de <i>P</i>	n
43	+ 0,457	< 0,0001	331
47	+ 0,607	< 0,0001	335
66	+ 0,436	< 0,0001	316
73	+ 0,520	< 0,0001	349
74	+ 0,607	< 0,0001	335
117	+ 0,683	< 0,0001	346

r = coeficiente de correlación de Pearson, n = número.

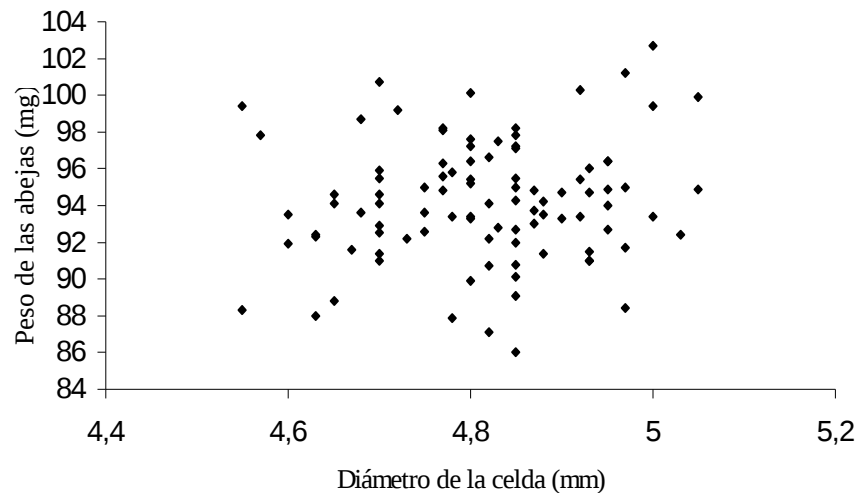


Figura 1. Relación entre el diámetro de la celda y el peso de las abejas emergentes, considerando los cuatro tipos de panales de crías de la colonia 117.

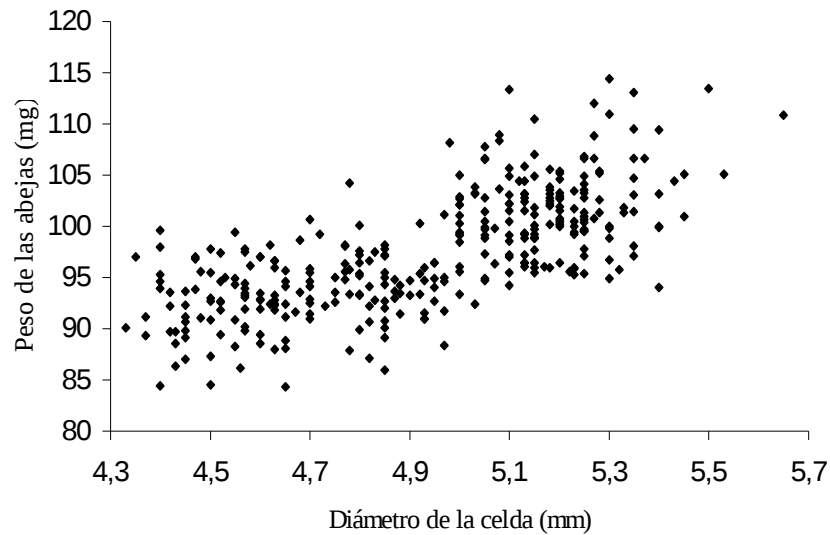


Figura 2. Relación entre el diámetro de la celda y el peso de las abejas emergentes, para el panal natural africanizado construido en la colonia de abejas 117.

Tabla 4. Correlación entre el volumen de la celda del panal y el peso de las obreras emergentes (incluidos los cuatro tipos de panales con diferentes tamaños de celdas de crías en cada colonia de abejas africanizadas).

Colonia	<i>r</i>	Valor de <i>P</i>	n
43	+ 0,495	< 0,0001	331
47	+ 0,610	< 0,0001	335
66	+ 0,511	< 0,0001	316
73	+ 0,574	< 0,0001	349
74	+ 0,610	< 0,0001	335
117	+ 0,681	< 0,0001	346

r = coeficiente de correlación de Pearson; n = número de la muestra.

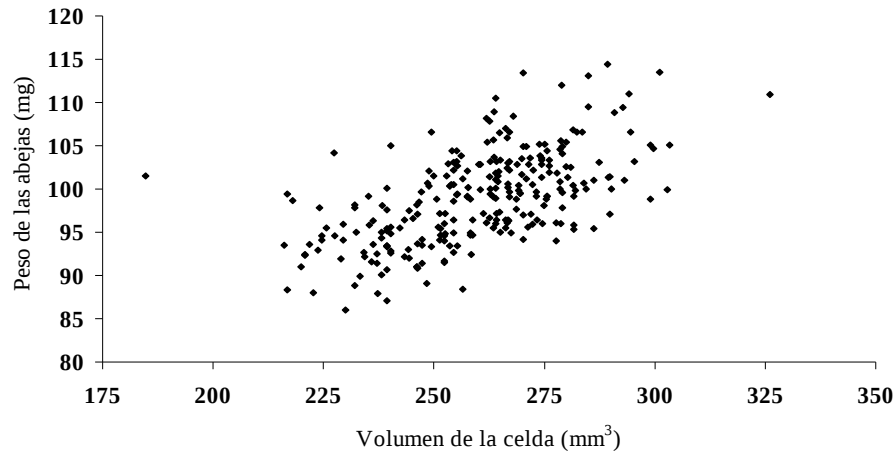


Figura 3. Relación entre el volumen de la celda y el peso de las abejas emergentes considerando los cuatro diferentes tipos de panales de crías de la colonia de abejas 117.

En la Tabla 6 se analiza las correlaciones de la LA de las obreras con el DC y VC de las celdas y peso de la obrera en los cuatro tipos de panales. El DC y el VC presentaron una correlación positiva y significativa con LA solo en el PCN. El PA obtuvo una correlación positiva y altamente significativa con la LA en los PVI y PIN y correlación significativa en los PAN y PCN. También se verificó que dentro de cada colonia y para todos los panales incluidos, el DC presentó correlación positiva y altamente significativa con LA (Tabla 7, $P < 0,001$).

DIMENSIONES DE LAS CELDAS DE CRÍA

El menor diámetro de celda se encontró para el PVI ($4,52 \pm 0,101$ mm) y los mayores para los PAN ($4,83 \pm 0,138$ mm), PIN ($5,16 \pm 0,128$ mm) y PCN ($5,26 \pm 0,174$ mm). El menor volumen de celda se obtuvo para el PVI ($217,08 \pm 10,69$ mm³) y los mayores para los panales PAN ($240,63 \pm 13,72$ mm³), PIN ($266,70 \pm 14,58$ mm³) y PCN ($279,56 \pm 17,21$ mm³).

Tabla 5. Longitud del ala anterior derecha de las abejas obreras africanizadas criadas en panales con diferentes tamaños de celdas de cría, en colonias de abejas africanizadas (*Apis mellifera*).

No. Colonia	Media $\pm$ DS				Media por Colonia
	Panal Viejo	Panal Africanizado Nuevo	Panal Italiano Nuevo	Panal Cárnica Nuevo	
43	BC 9,20 $\pm$ 0,12 ^a	C 9,48 $\pm$ 0,08 ^b	C 9,54 $\pm$ 0,09 ^b	B 9,49 $\pm$ 0,07 ^b	C 9,43 $\pm$ 0,10
47	BC 9,14 $\pm$ 0,09 ^a	B 9,31 $\pm$ 0,08 ^b	B 9,27 $\pm$ 0,09 ^{ab}	A 9,29 $\pm$ 0,15 ^b	ABC 9,25 $\pm$ 0,12
66	AB 9,04 $\pm$ 0,12 ^a	B 9,28 $\pm$ 0,14 ^b	B 9,27 $\pm$ 0,15 ^b	A 9,28 $\pm$ 0,09 ^b	ABC 9,22 $\pm$ 0,16
73	AB 9,00 $\pm$ 0,10 ^a	B 9,17 $\pm$ 0,08 ^b	AB 9,21 $\pm$ 0,07 ^b	A 9,21 $\pm$ 0,06 ^b	AB 9,15 $\pm$ 0,12
74	A 8,97 $\pm$ 0,09 ^a	A 8,97 $\pm$ 0,10 ^a	A 9,04 $\pm$ 0,13 ^a	A 9,22 $\pm$ 0,13 ^b	A 9,05 $\pm$ 0,15
117	C 9,21 $\pm$ 0,13 ^a	B 9,31 $\pm$ 0,13 ^{ab}	C 9,54 $\pm$ 0,19 ^c	B 9,45 $\pm$ 0,18 ^{bc}	BC 9,38 $\pm$ 0,20
Media	9,09 $\pm$ 0,14 ^a	9,26 $\pm$ 0,19 ^b	9,31 $\pm$ 0,22 ^b	9,32 $\pm$ 0,16 ^b	

Las medias en mayúsculas seguidas por letras en sentido vertical son significativamente diferentes entre las colonias ($P < 0,001$), prueba de comparación múltiple de Tukey. Las medias minúsculas guidas por letras en sentido horizontal son significativamente diferentes entre panales de cada colonia ($P < 0,001$).

Tabla 6. Correlación entre la longitud del ala anterior derecha y el peso de la abeja emergente y las diferentes dimensiones de la celda (diámetro y volumen) en panales con diferentes tamaños de celdas de cría.

Carácter Morfométrico	Tipo de Panal	DC	VC	PA
Longitud del ala	PVI	+ 0,162 $P = 0,270$	+ 0,235 $P = 0,107$	+ 0,622* $P = 0,000002$
		+ 0,229 $P = 0,117$	+ 0,276 $P = 0,057$	+ 0,356 $P = 0,0129$
	PAN	- 0,0123 $P = 0,934$	- 0,0127 $P = 0,93$	+ 0,548* $P = 0,00006$
		+ 0,529* $P = 0,00013$	+ 0,446* $P = 0,002$	+ 0,343 $P = 0,017$
	PIN			
	PCN			

DC = diámetro de la celda; VC = volumen de la celda; PA = peso de la abeja emergente; *Coeficiente de correlación es altamente significativo.

Tabla 7. Correlación entre el diámetro de la celda del panal y longitud del ala de las obreras emergentes (obtenidos de los cuatro tipos de panales con diferentes tamaños de celdas de crías en cada colonia de abejas africanizadas (*Apis mellifera*)).

Colonia	r	Valor de P	n
43	+ 0,788	0,00000009	32
47	+ 0,504	0,00326	32
66	+ 0,359*	0,0436	32
73	+ 0,713	0,000005	32
74	+ 0,586	0,000427	32
117	+ 0,594	0,000334	32

r = coeficiente de correlación de Pearson; n = número de la muestra;

*coeficiente de correlación es moderadamente significativo.

DISCUSIÓN

En base a los resultados de las dimensiones de celdas, es evidente que el diámetro y el volumen de la misma, presentan una gran variación entre los panales de cría y las colonias de abejas africanizadas. Es posible que la diferencia observada en el tamaño obedezca a las

características genéticas particulares de cada colonia. Spivak *et al.* (1988) citaron que el tamaño de la celda es un indicador del grado de hibridación entre la abeja africana y europea. Según Spivak y Erickson (1992), el tamaño de la celda depende del origen genético de la abeja, en caso de que fueran africanizadas tendrían celdas menores y mayores si fueran europeas.

Los resultados de este trabajo indican que a medida que aumenta el tamaño de la celda del panal de cría, se obtiene un incremento en el peso de la obrera emergente en cada colonia. Esto se observó en las obreras desarrolladas en los panales nuevos (PAN, PIN y PCN), a diferencia de lo encontrado en los panales viejos donde se obtuvieron abejas con menor peso, lo cual se relacionó con el menor diámetro y volumen de la celda. Las mayores diferencias de peso se observaron entre el panal viejo y el panal italiano (9,6 mg) y entre el panal viejo y el panal cárnico (8,5 mg). Estos datos coinciden con los de Harbo (1991), quien utilizando tres (3) láminas de cera alveolada con diferentes diámetros de celdas de cría (5,7mm, 5,2 mm y 4,8mm/celda) encontró que las celdas más grandes produjeron abejas de mayor tamaño, siendo la diferencia entre abejas obreras de las celdas mayores y menores de 11 mg (117 y 106 mg respectivamente).

Nogueira y Gonçalves (1982) observaron que las obreras desarrolladas en celdas de zánganos obtuvieron mayor peso (106,6 mg) que las provenientes de las mismas colonias criadas en celdas de obreras (95,7 mg). Basado en la información de que las celdas de obreras africanizadas son menores en comparación a las abejas europeas, Message y Gonçalves (1995) encontraron que el peso promedio de las pupas de obreras africanizadas con 18 a 19 días de edad es de 99,2 mg cuando el diámetro de la celda es 4,50 a 4,60 mm. Sin embargo, el peso de las pupas de obreras es de 108,2 mg si son criadas en celdas mayores (diámetro de 4,90 a 5,10 mm). De Jong *et al.* (1982) indicaron que el peso medio de las abejas criadas en láminas de cera tamaño italiano construidas por abejas africanizadas es de 95,1 mg, lo cual se encuentra dentro del rango de peso de las abejas africanizadas criadas en el PIN en este trabajo (93,02 mg y 103,98 mg) (Tabla 1).

Las diferencias altamente significativas ($P < 0,001$) encontradas en el peso de las abejas criadas en celdas mayores (PAN, PIN y PCN) en relación a las criadas en celdas menores del PVI puede relacionarse con el tipo de alimentación de las crías. Las obreras desarrolladas en celdas mayores pueden recibir más visitas de las abejas nodrizas, aumentado así el peso de las abejas emergentes (Message y Gonçalves 1995). Según Kulzhinshaya (1955) las larvas criadas en celdas con diámetro mayor (6,0 mm) reciben 21,1% más alimento y 21,4% más proteína que aquellas criadas en celdas normales (5,37 mm). Los adultos nacidos de las celdas mayores presentan pesos 10,4% más elevados que las larvas criadas en celdas normales. Bilash (1977) sugirió que la población de la colonia es un factor importante que influye sobre la cantidad de alimento suministrado a la larva y consecuentemente en el peso de las abejas adultas.

El mayor peso de las abejas emergentes en los panales nuevos, también puede ser explicado por la diferencia en el diámetro y el volumen de la celda de los dos tipos de panales con diferentes edades usados en este estudio. Con la edad del panal de cría, el diámetro de la celda disminuye debido a la acumulación de capullos y al material fecal depositado por las larvas y pupas que se desarrollan dentro de la celda (Jay 1963). Michailov (1927) mostró que el tamaño de la celda cuando se reduce por los ciclos de las abejas (reducción de 5,9% en el diámetro debido a 16 y 18 ciclos) se acompaña por una disminución significativa en el tamaño de las abejas emergentes. Buchner (1955) determinó que el peso promedio de las abejas recién nacidas en el panal viejo (con 68 ciclos), fue aproximadamente 19% menor (96,1 mg) que los panales controles (118,3 mg). En este estudio, las abejas criadas en panales nuevos (PIN y PCN) pesaron cerca de 8,9% más que aquellas criadas en panales viejos, lo cual es semejante a lo encontrado por otros autores (Abdellitif 1965, Berry y Delaplane 2001), donde las abejas obreras criadas en panales viejos mostraron una reducción de 8% y 8,3% del peso corporal respectivamente.

Las diferencias en el peso de las obreras no fueron similares entre los diferentes panales de cría de cada colonia y entre las colmenas africanizadas estudiadas. Esto sugiere que las variaciones en el peso se

relacionan no solo con el tamaño de la celda sino también con las características genéticas particulares de cada colonia. El peso corporal de una abeja obrera es causado por la genética (Ruttner y Mackensen 1952) así como también por efectos ambientales tales como la cantidad de alimento suministrado a la larva (Daly y Morse 1991) y el tamaño de la celda de cría (Abdellatif 1965).

Los resultados obtenidos en este estudio, cuando se utilizaron panales viejos con celdas de crías relativamente menores, mostraron de manera general que es posible obtener una abeja mayor a través del uso de panales de crías nuevos naturales y a partir de láminas de cera y panales tamaño europeo en base al aumento de la celda. Por tanto, se confirma lo señalado en los trabajos de Alpatov (1929), Grout (1937), Spivak y Erickson (1992) y Quezada-Euán y Paxton (1999), en los cuales se indica que las abejas criadas en celdas aumentadas fueron mayores que las criadas en celdas menores. Igualmente, las abejas africanizadas nacidas en celdas de panales nuevos presentaron una longevidad significativamente mayor que las nacidas en celdas menores de panales viejos (Piccirillo *et al.* 2005).

Es sabido que el aumento del tamaño de la celda del panal de cría es acompañado por un aumento de peso (Nogueira y Gonçalves 1982), longitud y ancho del ala anterior derecha (Daly y Morse 1991) y longitud de la probóscide (Grout 1937). Sin embargo, los tamaños de las celdas de cría entre los diferentes panales nuevos usados en este estudio (PAN, PIN y PCN) no fueron suficientes para producir una abeja obrera mayor y aparentemente no afectó el tamaño de la abeja adulta en las colonias. No se encontraron longitudes significativamente mayores entre las abejas criadas en láminas de cera con celdas de mayor tamaño y abejas criadas en celdas naturales del panal africanizado de menor tamaño, excepto en la colonia 117 (9,54 vs. 9,31 mm respectivamente). Los resultados obtenidos con los panales nuevos fueron diferentes a los presentados por Baudoux (1934) y Glushkov (1956) quienes encontraron abejas significativamente mayores cuando el tamaño de la celda del panal de cría nuevo fue aumentado de 5,35 mm de diámetro/celda a 5,75 mm/celda. Spivak y Erickson (1992) observaron también que la sustitución de láminas de cera alveolada con celdas de

mayor tamaño (5,37 mm de diámetro) por panales naturales con celdas nuevas de menor tamaño, produjo una reducción significativa del ancho del tórax y del área del ala anterior en abejas europeas.

Los datos presentados en este estudio difieren de los obtenidos por Baudoux (1934), quien señaló un aumento entre el 12% y 25% en la longitud del ala anterior derecha a medida que el tamaño de la celda de cría pasó de 850 celdas/dm² a 700 celdas/dm². Spivak y Erickson (1992) observaron también un incremento de 8,8% en el área del ala anterior cuando el diámetro de la celda del panal aumentó de 5,08 mm a 5,37 mm. Sin embargo, en este trabajo se registró solo un incremento del 2,4% en la longitud del ala en la colonia 117, cuando las obreras se criaron en el panal PIN (diámetro de 5,22 mm) en relación con las criadas en el PAN (diámetro de 4,81 mm). También se obtuvo un máximo de 3,5% en la LA cuando las abejas se criaron en el panal PIN en comparación a las criadas en el PVI (diámetro de 4,50 mm). Cuando se comparan las obreras criadas en celdas de zánganos con las criadas en celdas menores de obreras, se observa un aumento de solo 2,9% en las glándulas ácidas (Nogueira y Gonçalves 1982) y de 4,8% en la longitud del ala anterior (Michailov 1927). Grout (1937) encontró un aumento de solo 1,5% en la longitud del ala anterior cuando el tamaño de la celda se incrementó de 857 celdas/dm² a 706 celdas/dm².

CONCLUSIONES

El tamaño de la celda de cría es un factor determinante en el tamaño de la obrera adulta. Se obtienen abejas significativamente de mayor tamaño con el uso de panales nuevos con celdas de crías más grandes en comparación a los panales viejos con celdas menores. El tamaño de la celda de cría entre los panales nuevos aparentemente no afecta el tamaño de las obreras. La utilización de panales nuevos permitió demostrar que a medida que aumenta el tamaño de la celda del panal (diámetro y volumen) el peso de las abejas emergentes aumenta.

AGRADECIMIENTOS

A Adelino Penatti por la asistencia técnica en el apiario. A la Fundación Nacional para la Ciencia de Brasil (CNPq) por la asistencia financiera y al FONACIT por la beca otorgada al autor G.A.P.

LITERATURA CITADA

- ABDELLATIF, M. A. 1965. Comb cell size and its effect on the body weight of the worker bee *Apis mellifera* L. Am. Bee J. 105: 86–87.
- ALPATOV, W. W. 1929. Biometrical studies on variation and races of the honeybee *Apis mellifera* L. Quart. Rev. Biol. 4: 1–58.
- BAUDOUX, U. 1934. The influence of cell size. Bee World 5: 2–5.
- BERRY, J. A. Y K. S. Delaplane. 2001. Effects of comb age on honey bee colony growth and brood survivorship. J. Apic. Res. 40: 3–8.
- BILASH, N. G. 1977. Quality of bees reared in colonies of different strength. Proc. XXVI Int. Beekeep. Congr. Bucharest: 282–286.
- BIRKEY, B. 2001. Retrogressing bees hived on 5.4 mm cell size, to 4.9 mm. Disponible en <http://www.beesource.com/>. Consultado el 12 Dec. 2005.
- BREED, M. D., M. GARRY, A. N. PEARCE, B. E. HIBBARD, L. B. BJOSTAD Y R. E. PAGE. 1995. The role of comb wax in honeybee nestmate recognition. Anim. Behav. 50: 489–496.
- BUCHNER, R. 1955. Effect on the size of workers of restricted space and nutrition during larval development (translated title). Wilhelm Roux Archiv. fur Entwicklungsmechanik der Organismen. 146: 544–579.
- COGGSHALL, W. L. Y R. A. MORSE. 1984. Beeswax. Production, haversting, processing and products. Wicwas Press, Ithaca, New York, 192 pp.
- DALY, H. V. Y R. A. MORSE. 1991. Abnormal sizes of worker honey bees (*Apis mellifera*) reared from drone comb (Hymenoptera: Apoidea). J. Kans. Entomol. Soc. 64: 193–196.

- DE JONG, D., P. H. DE JONG Y L. S. GONÇALVES. 1982. Weight loss and other damage to developing worker honeybees from infestation with *Varroa jacobsoni*. J. Apic. Res. 21: 165–167.
- FROHLICH, B., J. TAUTZ Y M. RIEDERER. 2000. Chemometric classification of comb and cuticular waxes of the honeybee *Apis mellifera carnica* Pollm. (Hymenoptera: Apidae). J. Chem. Ecol. 26: 123–137.
- GLUSHKOV, N. M. 1956. Experiments on combs with enlarged cells. Pchelovodstvo 33: 32–40.
- GROUT, R. A. 1937. Influence of size of brood cell upon size and variability of the honey bee. J. Econ. Entomol. 30: 345–354.
- HEPBURN, H. R. 1998. Reciprocal interactions between honeybees and combs in the integration of some colony functions in *Apis mellifera* L. Apidologie 29: 47–66.
- HARBO, J. R. 1991. Effect of cell size on quantity of brood and weight of worker bees. Am. Bee J. 131: 776.
- JAY, C. S. 1963. The development of honeybees in their cells. J. Apic. Res. 2: 117–134.
- KULZHINSHAYA, K. P. 1955. The role of the food factor in the growth of bees. Pchelovodstvo 5: 36–37.
- MESSAGE, D. Y L. S. GONÇALVES. 1995. Effect of the size of worker brood cells of africanized honey bees on infestation and reproduction of the ectoparasitic mite *Varroa jacobsoni* Oud. Apidologie 26: 381–386.
- MICHAILOV, A. S. 1927. Workers of *Apis mellifera* reared in drone cells. (Trans. Title) Rev. Russe. Entomol. 21: 151–162.
- MORSE, R. A. 1975. Bees and beekeeping. Wicwas Press, Ithaca, New York, 256 pp.

- NOGUEIRA, R. H. Y L. S. GONÇALVES. 1982. Study of gland size and type in *Apis mellifera* workers emerged from drone cells. Brazil. J. Genetics. 1: 51–59.
- PICCIRILLO, G. A. Y D. DE JONG. 2004. Old honey bee broods are more infested by the mite *Varroa destructor* than are new brood combs. Apidologie. 35: 359–364.
- PICCIRILLO, G., D. DE JONG Y R. TORRES. 2005. Longevidad de las abejas obreras africanizadas *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) criadas en panales con diferentes tamaños de celdas de cría. Libro de Resúmenes del I Congreso Internacional de Apicultura de los Andes. San Cristóbal, Venezuela. p. 124.
- QUEZADA-EUÁN, J. J. G. Y R. J. PAXTON. 1999. Rapid intergenerational changes in morphology and behaviour in colonies of africanized and european honey bees (*Apis mellifera*) from tropical Yucatan, Mexico. J. Apic. Res. 38: 93–104.
- SPIVAK, M., T. RANKER, O. R. TAYLOR, W. TAYLOR Y L. DAVIS. 1988. Discrimination of africanized honey bees using behavior, cell size, morphometrics, and a newly discovered isozyme polymorphism. Pp. 313–324, En G. R. Needham, R. E. Page, Jr., M. Delfinado-Baker, y D.E. Bowman (eds.), Africanized honey bee and bee mites. Ellis Horwood Limited, Chichester, England.
- SPIVAK, M. Y J. R. ERICKSON. 1992. Do measurements of worker cell size reliably distinguish africanized from european honey bees (*Apis mellifera* L.)? Am. Bee J. 132: 252–55.
- RUTTNER, F. Y O. MACKENSEN. 1952. The genetics of the honeybee. Bee World 33: 53–62.
- TULLOCH, A. P. 1980. Beeswax—composition and analysis. Bee World. 61: 47–62.
- WINSTON, M. L. 1987. The biology of the honey bee. Harvard University Press, Cambridge, MA, 281 pp.