

MORTERO DE CEMENTO-VERMICULITA: UN NUEVO MATERIAL PARA LA CONSTRUCCION DE COLMENAS LANGSTROTH

Maria Cristina LORENZON, R.C. GONÇALVES, E.H.V. RODRIGUES, M.S. DORNELLES, G. PEREIRA Jr.

Universidade Federal Rural de Rio de Janeiro, km 7 da Rod. 465, Seropedica, Cep 23851-970
Estado de Rio de Janeiro, BRASIL, E-mail: lorenzon@ufrj.br

Resumen

La vermiculita expandida es un producto barato y ligero que, por su alta resistencia térmica, se ha convertido en un valioso material aislante, utilizado a menudo en la construcción. Teniendo propiedades físicas similares a las de la madera, las colmenas hechas de mortero de cemento-vermiculita (MCV) se probaron para ver si evidencian respuestas biológicas parecidas a las colmenas de madera. Este estudio se realizó en una región tropical durante 8 meses. Colmenas Langstroth standard (n=20) se utilizaron en un apiario con colonias africanizadas de igual pujanza (un alza) y la misma línea de reina. Para la construcción de las colmenas MCV se aplicó la relación 1:3 cemento:vermiculita. Las colonias alojadas en colmenas MCV se compararon con las colonias control (en colmenas de madera), siguiendo un diseño totalmente aleatorizado, con dos factores (inicio y fin del estudio, con y sin abejas) y 5 repeticiones/tratamiento, con el fin de probar los patrones de rendimiento de la colonia: control térmico (°C), actividad de vuelo (abejas/5 min.), área de producción de panales y almacenaje de las provisiones (cm²), peso del alza, miel cosechada (kg) y el análisis químico de ésta. La construcción de la colmena MCV fue sencilla, pero su manejo requiere cierto cuidado. La colmena MCV estándar (2 cuerpos) pesa aprox. 21,66 kg, y su costo (13 \$ USA) fue 35 % más barato que el de las colmenas de madera. No se registraron diferencias significativas entre el rendimiento de las colmenas (P≥0,05). La producción de miel y su calidad fueron similares (P≥0,05). Aunque el tiempo de desarrollo del experimento fue limitado, los resultados nos permiten recomendar este nuevo material (MCV) a los apicultores pobres o con pequeños colmenares, a los apicultores de regiones con restricciones para la explotación de la madera y a los de las regiones tropicales. Al no poder ser transportadas, las colmenas MCV no pueden servir para la actividad de trashumancia. Las colmenas MCV no se incorporaron al programa de investigación sino hace 2 años y se requiere más tiempo para más observaciones.

Palabras clave: tipo de material/colmena/abeja melífera/apicultura tropical

Introducción

En condiciones naturales, las abejas melíferas construyen sus nidos en lugares tan diversos como rocas, huecos, hoyos en el suelo, etc., procurando protegerse contra el viento, la lluvia, el fuego, los enemigos naturales, etc. Según CRANE (1994), la apicultura antigua utilizaba colmenas de madera y corteza de árboles, barro cocido, tallos de hinojo, boñiga, ladrillos, troncos huecos, vacijas, etc. Al efecto de desarrollar nuevos tipos de colmenas y mejorar la producción de las abejas melíferas y a la vez la labor del hombre, la apicultura desarrolló nuevas tecnologías. La colmena Langstroth, creada por LANGSTROTH en el año 1852, retuvo las ventajas de los restantes modelos. En la construcción de esta colmena se prefirió la madera, pero los apicultores hicieron este tipo de colmena utilizando otros materiales también (COUTO & COUTO, 1996). Las colmenas de madera resultaron más asequibles para los apicultores (WIESE, 1974; DADANT & SONS, 1975), además de ofrecer condiciones aceptables, que permiten su distribución por todas partes del mundo.

En el presente, las colmenas de madera Langstroth plantean ciertos problemas de manejo y deterioro. Los costes son elevados al inicio de la práctica de la apicultura y no animan a aumentar la producción, particularmente en regiones donde la industria apícola todavía no haya ganado terreno. En las zonas de clima tropical, la vida de las colmenas de madera es más corta a causa de la pudrición, la infestación por termitas, deformaciones, algún que otro incendio o si se las coloca sobre el suelo (HOBSON, 1983). Otro problema es que a la mayoría de la maderas usadas en la construcción de la colmena no se las encuentra en los centros comerciales, y además el uso de algunas de ellas incluso es ilegal.

Tomando en consideración el uso abusivo de la madera comercial, cabe advertir que las cifras relativas a la pérdida de madera y el deterioro del medio ambiente son alarmantes. Un ejemplo lo constituye el Bosque Atlántico de Brasil. Tal como declararon MORELATO & HADDAD (2000), en 500 años este bosque ha sido destruido y hoy sólo se conserva el 7,6 % de su tamaño original, con la extraordinaria desaparición de muchas especies animales y vegetales.

En el lugar de la colmena de madera, HOBSON (1983) sugirió la colmena de ferrocemento, más resistente y más barata que la colmena de madera. SOARES & BANWORT utilizaron la colmena Fibercol de fibra de vidrio, que pese a su alto costo es buena para la apicultura.

En el año 2000, varios investigadores desarrollaron la colmena de mortero de cemento-vermiculita como material alternativo para la confección de la colmena Langstroth, por sus propiedades similares a las de la madera. NEVES (2002) comprobó que la temperatura de la cámara de cría y la actividad de vuelo eran similares en las colmenas de mortero de cemento-vermiculita y los núcleos de abejas melíferas africanizadas.

La presente labor de investigación se llevó a cabo con la finalidad de comprobar si las colmenas de mortero de cemento-vermiculita evidencian respuestas biológicas similares a las de las colmenas de madera. Los objetivos han sido: i) comprobar si en las colonias de abejas melíferas africanizadas existe

homeóstasis térmica intranidal y su período; ii) comprobar si la homeóstasis podría modificar el rendimiento de recolección de las abejas obreras; iii) comprobar la calidad y composición de la miel.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo desde enero hasta mayo de 2002, en el Estado de Rio de Janeiro, Brasil (22°45' S y 43°41' V, 33 m de altitud, tipo de clima AW (de acuerdo con la clasificación de Köepen). Esta región tiene plantas nativas y cultivadas. La producción media de miel ronda los 10 kg/colmena/año.

A lo largo del experimento, con el objeto de conocer las plantas melíferas, estuvimos observándolas en plena floración y con abundancia de abejas.

Las colmenas se dispusieron en colmenares al azar, distanciadas 2 m, orientadas hacia el norte. Se trabajó con colonias de abejas melíferas africanizadas (*Apis mellifera*). Al principio, se introdujeron reinas vírgenes en núcleos con cinco panales, que se aparearon con zánganos africanizados. El experimento se inició proveyendo de alzas a las colonias de abejas, y al efecto se uniformaron en cuanto a cría y provisiones.

El experimento se realizó siguiendo un diseño totalmente aleatorizado, con cinco repeticiones. El análisis de varianza se efectuó de la siguiente forma: los factores fueron el tipo de material (madera y cemento-vermiculita) y el tipo de alojamiento (cajas y colmenas, con y sin abejas). Se les dispuso en lotes principales, y el factor intervalo de cosecha (inicio y fin del estudio) como sublote. Cada colmena representó una unidad experimental.

Las colmenas de madera se adquirieron en el mercado apícola. Todas estas colmenas estaban hechas de madera de pino, de 2 cm de espesor, dos manos de pintura latex amarilla (nidós) y blanca (alzas).

El encofrado se debe ejecutar con mucho cuidado, para que se observen las dimensiones de la colmena Langstroth estándar de 10 cuadros de mortero cemento-vermiculita (MCV), reutilizable, y que se puede confeccionar fácilmente de restos de madera. Para la fácil retirada de la plancha, se humedeció el encofrado y se recubrió de aceite vegetal. La vermiculita utilizada en la colmena MCV era de grano medio y se aplicó la relación cemento:vermiculita de 1:3, según RODRIGUES (1998). El tipo de cemento fue CP II F 32. Los dos componentes secos se colocaron en un contenedor y se amasaron con suficiente agua para obtener la mezcla. Se vació el cemento en los encofrados, que se mantuvieron en un lugar umbrío por dos días, sin echarles agua, y luego por otros tres, echándoles agua dos veces al día, para evitar la formación de huecos. El día nueve, se retiraron las planchas y se desarmaron los encofrados. La colmena MCV se armó con tornillos simples de 3,5 mm o 1 3/4 inch y adhesivo. Estas cajas se pintaron en el mismo color que las colmenas de madera.

Semanalmente se midieron las condiciones climatológicas: temperatura exterior (°C), humedad relativa (%), radiación solar (temperatura estándar Vernon, °C), al sol y a la sombra, velocidad del viento a las 7.00, 10.00, 13.00, 15.00 y 17.00 horas.

La temperatura del nido de cría y del alza se midieron con un termómetro digital acoplado a un termopar de cobre, de 35 cm de largo e introducido en un agujero de 1,5 mm en la parte central del nido y del alza. La lectura de los datos se efectuó dos veces al mes, a las 7.00, 10.00, 13.00, 15.00 y 17.00 horas. Al efecto de la evaluación de la actividad de vuelo, se cronometraron las obreras en la piquera durante cinco minutos, dos veces al día, a las 8.00 y 16.00 horas, una vez a la semana. Para valorar la pujanza de la colonia de abejas, se midió el área de panales y provisiones (miel y polen) (cm²), con una parrilla de 2,5 cm² enmarcada en un cuadro Hoffman, de acuerdo con TOOD & REED (1970), AI-TIKRITY et al. (1971). El peso del alza se determinó al fin de la época de recolección (McLELLAN, 1977) y se tuvo en cuenta la producción de cera y la cantidad de provisiones de los panales. Se extrajo y se pesó la miel y se recogieron muestras de cada tratamiento. Estas muestras se sometieron a varios análisis, entre los cuales la prueba de Lund, azúcares reductores, sucrosa, pH, acidez, índice de refracción, Brix, humedad y análisis de macro y microminerales (Ca, Mg, Mn, Fe, Zn, Cu, Cr, Co, Ni, Al, Cd, Pb).

Los promedios de estas variables se compararon mediante la prueba de Tukey. A su vez, la temperatura interior y la actividad de vuelo se sometieron a los análisis de correlación Pearson, en función de las condiciones climatológicas. Los análisis estadísticos se efectuaron empleando el programa SAEG la versión 5.0.

Resultados

Durante el experimento la temperatura media exterior fue de 29,83 ± 2,48, siendo enero el mes de más humedad (74 % UR). *Eucalyptus* spp. (Myrtaceae) y *Vernonia beyrichii* (Asteraceae) presentaron una

gran densidad de flores y una abundancia de abejas que podrían ser las responsables por las provisiones almacenadas.

La colmena MCV estándar (dos alzas) pesa más o menos $18,47 \pm 0,24$ kg y vale 13 \$ USA.

Tanto en los nidos como en las alzas, las colonias de abejas regulan la temperatura en las colmenas MCV y en las de madera. La Fig. 1 indica la temperatura del nido de cría en las colmenas MCV y las colmenas de madera, respectivamente la temperatura exterior y la humedad relativa. El valor promedio de la temperatura del nido de cría de la colmena de madera fue de $35,98 \pm 1,1$ °C y de $36,28 \pm 1,87$ °C en la colmena MCV, o sea, de $33,92$ °C a $37,94$ °C para la colmena de madera y de $32,40$ °C a $39,83$ °C para la colmena MCV. No se registraron diferencias significativas entre las temperaturas de los nidos de cría ni tampoco en cuanto a su interacción ($P \geq 0,01$). Se comprobaron diferencias entre colmenas y cajas y su interacción ($P < 0,01$) (Tabla I). La temperatura media interior del alza de la colmena de madera y de la de la colmena MCV fue de $35,97 \pm 1,54$ °C, respectivamente $35,17 \pm 2,2$ °C, oscilando entre $31,60$ y $38,16$ °C, respectivamente de $29,62$ a $39,60$ °C durante el experimento.

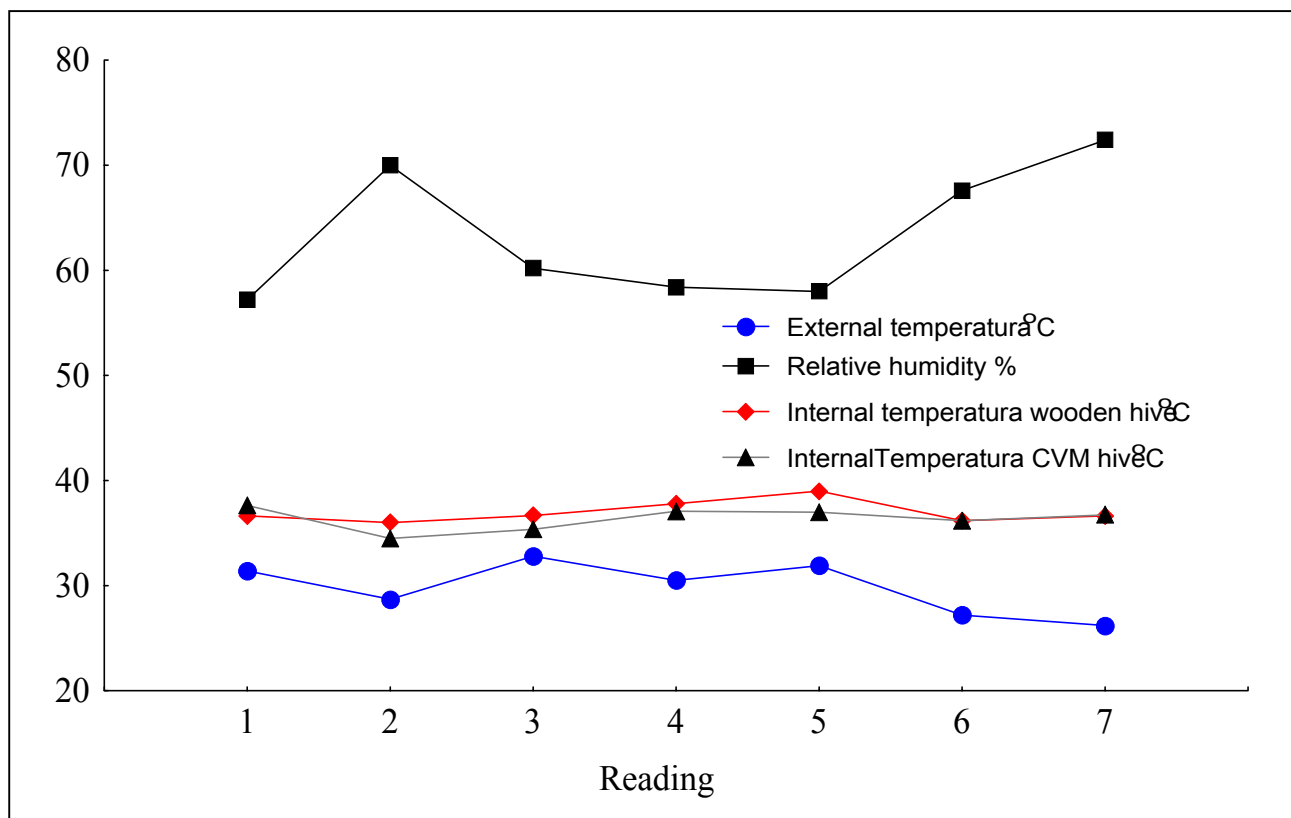


Figura 1 - Termorregulación interior en las abejas africanizadas en la colmena de mortero de cemento-vermiculita y en la de madera a variaciones de temperatura exterior y de humedad

Tabla I

Temperatura media interior en el nido y el alza (°C) en las colmenas de madera Langstroth y en MCV al comienzo y al fin del experimento

Temporada	Con abejas		Sin abejas	
	Nido, colmena de madera		Nido, MCV	
Comienzo	36,44Aa	32,27Ab	35,83Aa	32,36Ab
Fin	34,53Aa	29,23Bb	36,75Aa	30,37Bb
	Alza de madera		Alza MCV	
Comienzo	35,29Aa	31,28Ab	35,50Aa	31,44Ab
Fin	34,57Ba	30,55Bb	33,39Ba	30,68Bb

Las mayúsculas se compararon en columnas y las minúsculas en líneas. Las medias que van seguidas de la misma letra no son significativamente distintas, de acuerdo con la prueba de Tukey a un nivel de probabilidad de 5 %.

Tanto en las colmenas de madera como en las MCV, la temperatura del nido y la humedad exterior estaban correlacionadas negativamente (coeficiente lineal, $r^2 = -0,73$) y positivamente con la temperatura estándar Vernon a la sombra ($r^2 = +0,81$) ($P < 0,05$). La temperatura interior del alza y la temperatura exterior estaban correlacionadas positivamente, lo mismo que la temperatura estándar Vernon a la sombra y al sol

($r^2 = +0,92, +0,86$ y $+0,83$ ($P < 0,05$). La temperatura interior del nido de cría y del alza no estaban significativamente correlacionadas, y tampoco lo estaba la humedad exterior relativa ($P \geq 0,01$).

La tabla II muestra una actividad de vuelo más intensa en las colmenas de madera durante el experimento ($P < 0,01$). La actividad de vuelo en la colmena MCV y la temperatura del nido de cría estaban correlacionadas negativamente ($r^2 = -0,83$) ($P < 0,05$) y no se comprobó ninguna correlación significativa para la colmena de madera. Por lo que respecta a las condiciones climatológicas y a la actividad de vuelo no se comprobó ninguna correlación significativa ($P \geq 0,05$).

Tabla II

Actividad de vuelo de las abejas, número de obreras/5 min., en las colmenas de madera Langstroth y en las MCV, al comienzo y al fin del experimento

Temporada	Colmena de madera	Colmena MCV
Al comienzo	316Ab	234Bb
Al fin	279Ab	258Bb

Las mayúsculas se compararon en columnas y las minúsculas en líneas. Las medias que van seguidas de la misma letra no son significativamente distintas de acuerdo con la prueba de Tukey, a un nivel de probabilidad del 5 %.

El tipo de material no incidió en la producción de cera y el área de almacenaje de las provisiones ($P \geq 0,05$), pero hubo gran variación. Ocurrió lo mismo con el peso de las alzas y de la miel natural (Tabla III). La calidad de la miel se garantizaba por muestras tomadas tanto de las colmenas de madera como de las MCV ($P \geq 0,05$). La Tabla IV contiene los análisis sobre macro y microminerales.

Tabla III

Producción de cera, provisiones almacenadas (miel y polen) (cm^2), peso medio de los panales y peso de la miel cosechada (kg) de las colmenas de madera Langstroth y MCV

Tratamientos	Producción de cera (cm^2)	Provisiones almacenadas (cm^2)	Peso de los panales (kg)	Peso de la miel (kg)
Colmena de madera	36,9932a	31,9891a	8,49a	4,13a
Colmena MCV	19,5907a	21,2883a	9,16a	3,47a

Las medias que van seguidas de la misma letra no son significativamente distintas, de acuerdo con la prueba de Tukey, a un nivel de probabilidad de 5 %.

Tabla IV

Macro y microminerales (ppm) en la miel cosechada de las colmenas de madera y las MCV

Tipo de material	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn	Cu	Cr,Co,Ni,Pb	Al	Cd	Si
Madera	14,9	7,83	0,754	1,34	0,271	0,045		0,193	0,298	1,29
MCV	16,1	7,96	0,758	1,43	0,199	0,086	*	0,244	0,063	1,22

*elemento por debajo del límite de detección de la técnica empleada

Discusiones

La caja de MCV se puede confeccionar fácilmente con herramientas populares de carpintería. La retirada de las planchas del encofrado y su armado se salda con una pérdida de planchas del 5 %. A pesar de la caja de ferrocemento, la MCV tiene menor peso y su costo, sin los cuadros, es 56 % más barato que la caja de madera de pino.

La caja MCV es frágil, y sus bordes se pueden romper durante su manipulación por los apicultores. Los más quebradizos son la tapa y el fondo de la caja. Las cajas de madera presentaron agujeros y deformaciones, a causa de las condiciones climatológicas.

La caja MCV resistió aceptablemente las variaciones de peso de los enjambres. La ausencia de la deserción y la enjambración, de las plagas y pestes, la agresividad aguantable de las abejas melíferas africanizadas demostraron que estos materiales son apropiados para albergar colonias de abejas.

Las temperaturas exteriores registradas en este experimento fueron más elevadas que en el intervalo considerado como óptimo para las colonias de abejas melíferas europeas, de -10°C a 15°C , al efecto de ahorrar energía para la termorregulación de la colonia (SOUTHWICK & MORITZ, 1992). No hay reportes acerca de la relación entre la temperatura y el metabolismo energético de la colonia de abejas melíferas africanizadas en el clima tropical.

La temperatura del nido de cría en la colmena MCV y en la de madera fue relativamente estable en las abejas melíferas africanizadas (Fig. 1), hasta en condiciones de variabilidad climática. Esta temperatura siguió siendo superior a la temperatura exterior (HEINRICH, 1993), como evidencian las comparaciones entre la temperatura interior de las cajas y las colmenas (Tabla I). Esto indica una temperatura interior

independiente del nido de cría, explicando la falta de correlación con la temperatura exterior. El resultado concuerda con lo reportado por MYERSCOUGH (1993), pero discrepa de lo reportado por TOLEDO & NOGUEIRA-COUTO (1999), que comprobaron una correlación positiva.

La temperatura interior del alza fue similar a la del nido de cría (Tabla II). La correlación positiva entre la temperatura interior y la exterior y la radiación solar mostró que las colonias de abejas melíferas africanizadas pueden aguantar estos cambios. Esta correlación se puede explicar por la presencia de la miel, principal componente del alza, con gran conductividad térmica (CRANE, 1976), pudiendo así ampliar el intervalo de la temperatura interior.

La correlación negativa entre la humedad exterior y la temperatura del nido de cría indica que las abejas pueden mantenerla bajo control en el interior del nido de cría (TOLEDO & NOGUEIRA-COUTO, 1999). La temperatura interior del alza fue independiente de la humedad exterior, probablemente debido a la presencia de la miel como buen termoconductor.

Las abejas eusociales lograron mantener constante la temperatura tanto en el nido de cría como en el alza. Es lo que se conoce con el nombre de homeóstasis, importante comportamiento de estas colonias (LINDAUER, 1964; HEINRICH, 1994). A temperaturas exteriores de 21 °C y 38 °C se observó que las interiores medias son en las colmenas MCV y de madera (35,98 °C y 36,28 °C para el nido y 35,39 °C y 35,17 °C para el alza) relativamente cercanas a las indicadas por LENSKY (1964), en 37,6 °C, por SAKAY (1974) en 35 ± 1,0 °C, por MIWNICK & MURPHEY (1974) en 34 °C y por TOLEDO & NOGUEIRA-COUTO (1999) en 33,7 °C. NEVES (2002) reportó una media menor en un núcleo MCV de abejas melíferas africanizadas.

Para la evaluación térmica se debería considerar asimismo el intervalo de la temperatura interior. Según SEELEY & HEINRICH (1981), la variación óptima de temperatura para el nido de cría se sitúa en las abejas melíferas europeas entre 32 y 36 °C, según FREE (1980) entre 34 y 35 °C, según KRAU et al. (1998) entre 30,7 y 37 °C. BRANDEBURGO et al. (1986) reporta para las abejas melíferas africanizadas valores entre 34,2 y 36,4 °C, y TOLEDO & NOGUEIRA-COUTO (1999) valores comprendidos entre 31,1 y 35,8 °C. Algunas veces, durante el experimento la variación de la temperatura del nido de cría fue superior a los 36 °C, unos 2 °C más en las colmenas de madera y unos 4 °C más en las colmenas MCV, lo que puede suponer un importante estrés térmico. Según HIMMER (1927), la subida de la temperatura en 1 a 2 °C arriba de los 38 °C por un tiempo más prolongado afecta seriamente la metamorfosis larvaria de las abejas, el crecimiento del pollo y además acorta la duración de vida de las abejas adultas (HEINRICH, 1980). SOUTHWICK & MORITZ reportaron como límite crítico una temperatura del nido permanente elevada de 35 °C, siempre por encima de la temperatura de rocío, de manera que en condiciones de humedad aumenta el efecto de la temperatura (AYOADE, 2001) y la termorregulación del nido de cría. Así pues, bajo el estrés térmico un grupo de obreras puede verse forzado a contrarrestar el sobrecalentamiento de la colonia.

La actividad de recolección fue en las colmenas MCV menor que en las de madera (Tabla III). Lo que puede significar que se requiere un número cada vez mayor de abejas para mantener bajo control la temperatura interior que haya superado el límite óptimo. Puede ser; en las comprobaciones, la actividad de vuelo y la temperatura del nido estaban correlacionadas negativamente ($r^2 = -0,83$). NEVES (2002) no reportó diferencias en la actividad de vuelo entre las colmenas MCV y el núcleo de abejas melíferas africanizadas.

Teniendo en cuenta que el comportamiento social debe restablecer la homeóstasis térmica (Fig. 1), el coste de este control se puede reducir disminuyendo la cantidad de provisiones que entran en la colonia de abejas. SOUTHWICK & MORITZ (1992) reportaron que por cada gramo de agua evaporada por las abejas se pierden 580 calorías. Así, la actividad de vuelo más reducida en las colmenas MCV puede suponer más abejas para la termorregulación, lo que sería un aspecto negativo de este tipo de colmena. Otro factor que explicaría la escasa actividad de vuelo sería la reducción de la población de la colonia, que sería otro aspecto negativo. NEVES (2002) reportó una área de cría más restringida en el núcleo MCV de abejas africanizadas respecto de la de la colmena de madera.

No se advirtió ningún problema en relación con la temperatura interior de las cajas (Tablas I y II). Por consiguiente, la probabilidad de que suba la temperatura en el nido de cría de la colmena CMV se puede deber a la mayor capacidad de la vermiculita para absorber el agua (DEER, 1996). En condiciones de humedad, el agua del interior de la colmena se puede evaporar lentamente y dificultar los esfuerzos de las abejas por enfriarla por evaporación, importante mecanismo de termorregulación de la colonia de abejas (LINDAUER, 1964; SOUTHWICK, 1992). La presencia de miel inmadura, de alto contenido de agua, puede reclamar un gran número de abejas para eliminar el exceso de agua de la colonia, causado por la deshidratación de ésta (MORSE, 1973; VAUGHN, 1977). Según LINDAUER (1964), una cantidad considerable de abejas debe permanecer en colonia para ayudar a enfriar, al efecto de mantener bajo control la temperatura interior. A lo largo del experimento, la presencia de la miel inmadura fue predominante en el alza; su deshidratación puede acentuar el estrés térmico de la colonia, reducir la actividad de vuelo al efecto de refrescar o puede ser una señal de la disminución de la fortaleza de la colonia. Ambas cosas podrían reducir la cantidad de provisiones (VAUGHN, 1977).

La escasa actividad de vuelo puede inducir otras tareas en la colonia, tales como la producción de cera y el almacenamiento de provisiones. En estas evaluaciones no se comprobó ninguna diferencia entre

los tipos de materiales probados (Tabla IV), y la variación de estos resultados no permite declarar que las cosas ocurren precisamente así.

No obstante el peso medio de las alzas con provisiones, la cantidad de miel cosechada fue pequeña, debido a que la miel del alza no había alcanzado el punto de maduración y que se había registrado una disminución de la mielada principal. La calidad de la miel fue avalada por estudios rutinarios, y los niveles de macro y microminerales estuvieron debajo de los reportados por CRANE (1976).

Aunque la duración del experimento fue limitada, los resultados permiten recomendar este nuevo material para la construcción de colmenas (MCV) a apicultores pequeños o pobres, o a regiones donde la tala de árboles esté prohibida. Las respuestas biológicas fueron favorables al mantenimiento de las abejas melíferas africanizadas en este tipo de colmena, y su restringido espacio se puede rectificar. Al no poder ser transportadas, las colmenas MCV no pueden servir para la trashumancia. Llevamos dos años estudiando las colmenas MCV, pero habrá que seguir haciéndolo. Se podría realizar ensayos bajo condiciones de medio tropical húmedo, proporcionando mayor ventilación en las alzas.

Agradecimientos

Estamos agradecidos a FAPERJ por el apoyo financiero.

BIBLIOGRAFIA

- Al-Tikrity, W.S.; Hillmann, R.C.; Benton, A.W. (1971), A new instrument for brood measurement in a honey-bee colony. *American Bee Journal*, 111, 20-21, 26
- Ayoade, J.O. (2001), *Introdução à Climatologia para os Trópicos*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil. 332p
- Branderburgo, M.A.M. (1986), *Comportamento de defesa (agressividade) e aprendizagem de abelhas africanizadas: análise de correlação entre variáveis biológicas e climáticas, herdabilidade e observações em colônias irmãs*. 156p. Tese (Doutorado em Genética), USP, Ribeirão Preto
- Couto, R. H. N. & Couto, L. A. (1996), *Apicultura: manejo e produtos*. Jaboticabal, Fundação de Estudos e Pesquisas em Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia (FUNEP), 154 p.
- Crane, E. (1994), Beekeeping in the world of ancient Rome. *Bee World* 75: 118-134
- Crane, E. (1976), *Honey: a comprehensive survey*. London: International Bee Research Association, England & Heinemann, 608p.
- Dadant & HIGOS. (1975), *La Colmena y la Abeja Melífera*. Montevideo: Ed. Hemisferio Sur. 936p.
- Deer, W.A.; Howie, R.A.; Zusman, J. (1996), *Minerais constituintes das rochas – Uma Introdução*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, p. 295 –299
- Free, J.B. (1980), *A Organização Social das Abelhas (Apis)*. São Paulo: EDUSP, 79p.
- Heinrich, B. (1980), Mechanisms of body-temperature regulation in honeybees, *Apis mellifera* .*Journal of Experimental Biology*, 85: 61-87
- Heinrich, B. (1983), *The Hot Blooded Insects*, Cambridge: Harvard University Press, 450 p.
- Heinrich, B. (1994), Thermoregulation in bees. *American Scientist*, 82 (2): 164-170
- Himmer, A. (1927), Ein Beitrag zur Kenntnis des Wärmehaushalts im Nestbau Sozialer Hautflügler. *Zeitschrift für Vergleichende Physiologie* 5,375-379
- Hobson JR., J.V. (1983), Ferrocement as a material for hives. *Queensl. Agric. Journal* 109 (3), 157-160
- Jean Prost, P.(1981), *Apicultura*. Madrid: Ed. Mundi-Prensa, 551p.
- Lensky, Y.(1964), Behaviour of a honeybee colony at extreme temperatures. *Journal of Insect Physiology* 10(1),1-12
- Lindauer, M.(1964), The water economy and temperature regulation of the honeybee colony. *Bee World*, 36, 62-72; 81-92; 105-111
- Mclellan, A.R. (1977), Honeybee colony weight as an index of honeybee production and nectar flow; a critical evaluation. *J. Appl. Ecol.*14, 401-408
- Miwnick, D. R. & Murphey, M. The effects of population density on the maintenance of cluster temperatures by the honeybee *Apis mellifera* L. *American Bee Journal*, 114 (6): 210-211, 1974
- Morellato, L.P.C. & Haddad, C.F.B. (2000), Tropical bee island biogeography: Diversity and abundance patterns. *Biotropica*, 32, (4B) 786-792
- Myerscough, M.R. (1993), A simple model for temperature regulation in honeybee swarms. *Journal Theor. Biology*, 162 (3), 381-393
- Neves, J.O. (2002), *Efeito de colméias construídas em argamassa de cimento-vermiculita sobre o desempenho de abelhas africanizadas (Apis mellifera Linnaeus, 1758), na fase de estiramento*. 2002. 45p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), UFRRJ, Rio de Janeiro.
- Rodrigues, E.H.V. (1998), *Desenvolvimento e Avaliação de um Sistema Evaporativo, por Aspersão Intermitente, na Cobertura de Aviários usando Modelos de Escala Distorcida*. 178p. Tese (Doutorado), UNICAMP, São Paulo
- Sakay, T.; Uigo, K., Sasaki, M. Temperature constancy of a field built natural comb of the European honeybee. *Bull. Fac. Agric. Tamagawa University*, 16: 55-63, 1976
- Seely, T. & Heinrich, B. *Regulation of temperature in the nests of social insects*. p.154-234 IN: Heinrich, B. (Org.). *Insect Thermoregulation*, New York: John Wiley & Sons. 1981. p.154-234
- Soares, A.E.E.& Bannwart, L.T. (1972), Fibercol um novo tipo de colméia para *Apis mellifera*. IN: Congresso Latino-Ibero-Americano de Apicultura, III, *Anais*.p. 300-306
- Southwick, E.E. & Moritz, R.F.A. (1992), *Bees as Superorganisms: an Evolutionary Realitt*. New York: Springer-Verlag, 395p.
- Toledo, V.A. & Nogueira-Couto, R.H. (1999), Thermoregulation in colonies of Africanized and hybrids with Caucasian, Italian, and Carniolan *Apis mellifera* honey bees. *Brazilian Archives of Biology* 42 (4), 425-431
- Tood, F.E. & Reed, C.B. (1970), Brood measurement as a valid index to the value of honey bees as pollinators. *Journal of Economic Entomology* 63 (1),148-149
- Vaughn, V. (1977), How can we help bees make honey. *American Bee Journal* 117 (6), 366-367, 371
- Wiese, H. (1974), *Nova Apicultura*. Porto Alegre: Livraria e Editora Agropecuária Ltda, 493 p.