



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS

CAMPUS CÓRDOBA

POSTGRADO EN INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA SUSTENTABLE

**INNOVACIONES EN LA MELIPONICULTURA: PROPUESTA DE
MELIPONARIO CAMPUS CÓRDOBA-CP Y CAJAS RACIONALES PARA LA
CRIANZA EXITOSA DE *Scaptotrigona mexicana***

HUGO RODOLFO SALAZAR VARGAS

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

AMATLÁN DE LOS REYES, CÓRDOBA, VERACRUZ

2016

**“INNOVACIONES EN LA MELIPONICULTURA: PROPUESTA DE
MELIPONARIO CAMPUS CÓRDOBA-CP Y CAJAS RACIONALES PARA LA
CRIANZA EXITOSA DE *Scaptotrigona mexicana*”**



Solicitud de Patente
 Solicitud de Registro de Modelo de Utilidad

Solicitud de Registro de Diseño Industrial, especifique cuál:
 Modelo Industrial Dibujo Industrial

Uso exclusivo Delegaciones y Subdelegaciones de la Secretaría de Economía y Oficinas Regionales del IMPI

Sello

Folio de entrada

Fecha y hora de recepción

Solicitud: MX/a/2016/016672
Expediente: 15/DIC/2016 Hora: 11:42:26
Folio: MX/E/2016/098838 3145



Antes de llenar la forma lea las consideraciones generales al reverso

I DATOS DEL (DE LOS) SOLICITANTE(S)

El solicitante es el inventor El solicitante es el causahabiente

1) Nombre (s): Colegio de Postgraduados

2) Nacionalidad (es): Mexicana

3) Domicilio: calle, número, colonia y código postal: km.36.5 Carretera Federal México-Texcoco, Montecillo 56230
Población, Estado y País: Texcoco, Estado de México, México.
4) Teléfono (clave): 5804-59-00 ext. 1008 5) Fax (clave):

II DATOS DEL (DE LOS) INVENTORES

6) Nombre (s): Hugo Rodolfo Salazar Vargas¹, Héctor Debernardi de la Vequia², Juan Antonio Pérez Sato³, Natalia Real Luna⁴, Roberto de la Rosa Santanarria⁵, Juan Valente Hidalgo Contreras⁶.

7) Nacionalidad (es): Mexicana^{1,2,3,4, 5 y 6}

8) Domicilio: calle, número, colonia y código postal: km.36.5 Carretera Federal México-Texcoco, Montecillo, 56230
Población, Estado y País: Texcoco, Estado de México, México.
9) Teléfono (clave): 5804-59-00 ext. 1008 10) Fax (clave):

III DATOS DEL (DE LOS) APODERADO (S)

11) Nombre (s): Lic. Edmundo López Patiño 12) RGP:

13) Domicilio: calle, número, colonia y código postal: km.36.5 Carretera Federal México-Texcoco, Montecillo 56230
Población, Estado y País: Texcoco, Estado de México, México 14) Teléfono (clave): 58045900 ext.008 15) Fax (clave):

16) Personas Autorizadas para otorgar y recibir notificaciones:
Elva Mariana Pérez Reyes

17) Denominación o Título de la invención:
CAJA PARA LA MULTIPLICACIÓN ARTIFICIAL Y PRODUCCIÓN DE MIEL DE ABEJAS SIN AGUIJÓN

18) Fecha de divulgación previa
Día Mes Año

19) Clasificación Internacional uso exclusivo del IMPI

20) Divisoral de la solicitud
Número Figura jurídica

21) Fecha de presentación
Día Mes Año

22) Prioridad Reclamada:
País Fecha de presentación No. de serie
Día Mes Año

Lista de verificación (uso interno)

No. Hojas	Comprobante de pago de la tarifa	No. Hojas	Documento de cesión de derechos
1	Descripción y reivindicación (es) de la invención	1	Constancia de depósito de material biológico
1	Dibujo (s) en su caso	1	Documento (s) comprobatorio(s) de divulgación previa
1	Resumen de la descripción de la invención	1	Documento (s) de prioridad
1	Documento que acredite la personalidad del apoderado	1	Traducción
		43	TOTAL DE HOJAS

Observaciones:

Bajo protesta de decir verdad, manifiesto que los datos asentados en esta solicitud son ciertos.

Lic. Edmundo López Patiño Texcoco Estado de México, a 14 de Diciembre del 2016
Nombre y firma del solicitante o apoderado Lugar y fecha

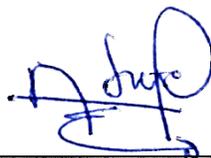
La presente tesis, titulada: **Innovaciones en la meliponicultura: Propuesta de meliponario campus Córdoba-CP y cajas racionales para la crianza exitosa de *Scaptotrigona mexicana***, realizada por el alumno: **Hugo Rodolfo Salazar Vargas** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA SUSTENTABLE

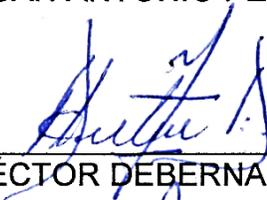
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



DR. JUAN ANTONIO PÉREZ SATO

ASESOR:



DR. HÉCTOR DEBERNARDI DE LA VEQUIA

ASESOR:



DR. JUAN VALENTE HIDALGO CONTRERAS

ASESOR:



DR. ROBERTO DE LA ROSA SANTAMARÍA

ASESOR:



MC. NATALIA REAL LUNA

**INNOVACIONES EN LA MELIPONICULTURA: PROPUESTA DE
MELIPONARIO CAMPUS CÓRDOBA-CP Y CAJAS RACIONALES PARA LA
CRIANZA EXITOSA DE *Scaptotrigona mexicana***

Hugo Rodolfo Salazar Vargas, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2016

Desde tiempos ancestrales hasta la actualidad, en la Meliponicultura han ocurrido numerosas innovaciones que surgieron por la generación o utilización de nuevo conocimiento o bien la combinación de conocimiento o tecnología ya existentes. Estas innovaciones han permitido que esta actividad continúe desarrollándose con éxito en nuestro país. El objetivo de este trabajo fue desarrollar innovaciones que permitan continuar mejorando la crianza de *S. mexicana*. Se presenta una propuesta de meliponario y el rediseño de cajas racionales; ambas innovaciones y sus interacciones contribuyen a facilitar el manejo e incrementar la sobrevivencia y desarrollo de colonias de *S. mexicana* obtenidas a través de la división artificial de sus nidos. El meliponario propuesto permite alojar 72 cajas racionales, su diseño brinda protección a las colonias de depredadores, vientos dominantes y favorece el pecoreo. Además, su estructura incluye material local, el bambú guadua (*Guadua angustifolia*). Por otra parte, se presenta el rediseño de las cajas racionales: Modelo Ailton-Fontana (MAF) y Modelo Portugal-Araujo (MPA); a las cuales a su diseño original se le adiciono Poliestireno Expandible (PE) un aislante térmico con el fin de proporcionar al nido una temperatura adecuada para el desarrollo de la colonia de *S. mexicana*. Finalmente, se analizan el impacto de las interacciones en la temperatura interna y desarrollo de la colonia de los siguientes factores: el modelo de caja, los materiales utilizados en su construcción y el recubrimiento de los panales de cría con materiales que buscan sustituir la función del involucro. Los resultados muestran que la temperatura del nido de *S. mexicana* se mantiene en rangos que permite exitosamente el desarrollo de la colonia, si el nido es alojado en cajas racionales MPA o MAF cuyos diseños han sido modificados con paredes de PE. Además, la temperatura mejora aún más si los panales de cría son recubiertos con un molde de cera de *Apis mellifera* L. al momento de ser transferidos. La temperatura se mantuvo en un rango de 26.484 a 31.358 °C, favorable para el desarrollo de la colonia. No se recomienda utilizar PE para recubrir los panales de cría recién transferidos ya que las abejas lo rechazan.

Palabras clave: abeja sin aguijón, meliponario, cajas racionales, termorregulación.

**INNOVATIONS IN THE MELIPONICULTURE: PROPOSAL OF MELIPONARY
CAMPUS CORDOBA-CP AND RATIONAL BOXES FOR THE SUCCESSFUL
BREEDING OF *Scaptotrigona mexicana***

Hugo Rodolfo Salazar Vargas, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2016

From ancestral times to the present, many innovations have occurred in the Meliponiculture that arose from the generation or use of new knowledge or the combination of existing knowledge or technology. These innovations have allowed this activity to continue to develop successfully in our country. The objective of this work was to develop innovations that allow continuing improving the breeding of *S. mexicana*. It presents a proposal of meliponary and the redesign of rational boxes; both innovations and their interactions contribute to facilitating the management and increase the survival and development of colonies of *S. mexicana* obtained through the artificial division of their nests. The proposed meliponary allows to house 72 rational boxes, its design provides protection to the colonies of predators, prevailing winds and favors the foraging behavior. In addition, its structure includes local material, bamboo guadua (*Guadua angustifolia*). On the other hand, the redesign of the rational boxes is presented: Ailton-Fontana Model (AFM) and Portugal-Araujo Model (PAM) to which the original design was expanded polystyrene (EP) a thermal insulation in order to provide the nest with a temperature suitable for the development of the colony of *S. mexicana*. Finally, the impact of interactions on the internal temperature and development of the colony is analyzed for the following factors: the box model, the materials used in its construction and the coating of the breeding combs with materials that seek to substitute the function of the involucre. The results show that the temperature of the nest of *S. mexicana* is keeping in ranges that allow the development of the colony successfully if the nest is housed in rational boxes PAM or AFM whose designs have been modified with EP walls. In addition, the temperature is further improved if the breeding combs are coated with a wax mold of *Apis mellifera* L. at the time of transfer. The temperature remained in a range of 26.484 to 31.358 °C, favorable for the development of the colony. It is not recommended to use EP to coat the newly transferred brood combs as the stingless bees reject it.

Key words: stingless bee, meliponary, rational boxes, thermoregulation.

DEDICATORIA

A Dios, por todas las lecciones de vida.

“Dudar, caer, arrepentirse, llorar, cansarse, reír, suspirar, levantarse; esto es la Fe”

Anónimo

A mis padres, Verónica y Alberto, por su amor, cariño, esfuerzo, desvelos, comprensión, por hacer suyos mis sueños y locuras, por todo. Mil gracias. Los quiero.

“Pensar de forma realista nunca ha llevado a nadie a ninguna parte. Se fiel a tu corazón y lucha por tus sueños”

Margaret Thatcher

A mi abue, Herlinda, por siempre ser un ejemplo de perseverancia. Te quiero.

“A veces, los límites de las cosas son elásticos e imprecisos, que pueden moverse, desdibujarse o diluirse hasta desaparecer como la tinta en el agua”

Sira Quiroga

Tomado del libro: El tiempo entre costuras, de María Dueñas

A mis hermanos, Arianna y Daniel. Mil gracias por todo. Los quiero.

“Hete aquí el mayor de los secretos que nadie conoce (hete aquí la raíz de la raíz y la semilla de la semilla y el cielo del cielo de un árbol llamado vida; que crece más de lo que el alma pueda desear o la mente ocultar); hete aquí el milagro que sostiene a las estrellas en su sitio.

Llevo tu corazón (lo llevo en mi corazón)”

E.E. Cummings

Tomado del libro: En sus zapatos, de Jennifer Weiner

A José Luis L. Juan Manuel, José Luis S. Arisel, Oscar, Ricardo, Jorge y Joaquín, gracias por brindarme su amistad y apoyo.

“Cuando soñamos solos, sólo es un sueño. Pero, cuando soñamos juntos, el sueño se puede convertir en realidad”

Cora Weis

A Paulina, Cohuo, Poncho y Sergio, por convertirse en grandes amigos y haber compartido hermosas experiencias.

“El único deber es el deber de divertirse terriblemente”

Oscar Wilde.

A Cyntia, Haydee, Tania R., Tania V., Ángeles, Irma y Montse, gracias por estar.

“Ahora bien: las semillas no se ven; duermen en el interior de la tierra hasta que a una de ellas se le ocurre despertar y entonces se estira y se asoma tímidamente hacia el sol”

Tomado del libro: El Principito, de Antoine de Saint-Exupéry

A Didi (†), Herat (†) y Zahorie (†), siempre los llevaré en mi corazón.

“(…) ¿Por qué la vida de las mascotas es más corta que la de los humanos? (...) La gente viene al mundo para aprender cómo vivir una buena vida, cómo amar a los demás todo el tiempo y ser buenas personas, ¿verdad? El niño de 6 años continuó: Bueno, como los perros ya saben cómo hacer todo eso, pues no tienen que quedarse por tanto tiempo como nosotros”

Anónimo

Tomado del texto: El propósito de un perro

A las abejas, animalitos tan sabios.

***“Dame un ejemplo concreto de como un simple ser vivo puede impresionar a un ángel.
- La resiliencia - dice sin dudarlo”***

Texto adaptado del libro: Un ángel en una Harley, de Joan Brady

HOY TOCA SER FELIZ

Mago de Oz

Cuando un sueño se te muera
O entre en coma una ilusión
No lo entierres ni lo llores, resucítalo

Y jamás des por perdida
La partida, cree en ti
Y aunque duelan, las heridas curarán

Hoy el día ha venido a buscarte
Y la vida huele a besos de jazmín
La mañana está recién bañada
El sol la ha traído a invitarte a vivir

Y verás que tú puedes volar
Y que todo lo consigues
Y verás que no existe el dolor
Hoy te toca ser feliz

Si las lágrimas te nublan
La vista y el corazón
Haz un trasvase de agua
Al miedo, escúpelo

Y si crees que en el olvido
Se anestesia un mal de amor
No hay peor remedio
Que la soledad

Deja entrar en tu alma una brisa
Que avente las dudas y alivie tu mal
Que la pena se muera de risa
Cuando un sueño se muere
Es porque se ha hecho real

Y verás que tú puedes volar
Y que todo lo consigues
Y verás que no existe el dolor
Hoy te toca ser feliz

Las estrellas en el cielo
Son solo migas de pan
Que nos dejan nuestros sueños
Para encontrar
El camino, y no perdernos
Hacia la tierra de oz
Donde habita la ilusión

Y verás que tú puedes volar
Y que tu cuerpo es el viento
Porque hoy tú vas a sonreír
Hoy te toca ser feliz

Autores de la canción: Carlos Prieto Guijarro / Francisco Javier Gómez De La Serna Alvarino / Jesús María Hernández Gil

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT, por brindarme la oportunidad de estudiar la Maestría.

Al Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, que me abrió sus puertas y me ha permitido llegar a concluir esta etapa.

A la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento 1 en Eficiencia y sustentabilidad en la producción primaria en sistemas agroalimentarios del programa de Maestría en Ciencias en Innovación Agroalimentaria Sustentable del Campus Córdoba, por el apoyo para brindado para realizar esta investigación.

Al Dr. Juan Antonio Pérez Sato, por haber creído en mí, gracias por la confianza absoluta para desarrollar esta investigación, por todas las aportaciones y por la oportunidad de mostrarme el maravilloso mundo de las abejas. Nuevamente muchas gracias.

A la MC Natalia Real Luna, por haber hecho de usted esta investigación, teniendo siempre un “sí” como respuesta, por su valioso apoyo para desarrollar cada una de las etapas de este trabajo, por sus consejos, compromiso, paciencia, tolerancia, y amistad. Gracias.

Al Dr. Héctor Debernardi de la Vequia, por todas las ideas y aportes proporcionados, por impulsar esta investigación y llevarla hasta sus últimas consecuencias. Gracias.

Al Dr. Juan Valente Hidalgo Contreras, por todos sus consejos, aportaciones, tiempo y apoyo brindado para poder desarrollar esta investigación. Gracias.

Al Dr. Roberto de la Rosa Santamaría, que siempre estuvo presente, por haberme empoderado con las abejas, por todas las aportaciones y apoyo brindado para esta investigación.

A todos mis profesores de carrera, y de vida, por todas las lecciones. Muchas gracias.

A los Investigadores, Estudiantes, Personal Técnico y de Apoyo:

Alex Salomón Velázquez Nazario, Alfredo Martínez, Arisel Juárez Bravo, Beatriz Escobar Palacios, Caridmy Mejía Santiago, Cesar Gamboa Ramírez, Cinthia Karen Reyes Valle, Delfino Tlazalo Rosas, Don Taurino, Fidencio Urrieta Gil, Francisco Martínez, Hilario Barragán de los Santos, Humberto Hernández Ramírez, Idelfonso García Calderón, Iván Martínez, Jaime Sánchez Espinoza, Jesús Hernández Díaz, José Hernández Ramírez, José Luis Spinoso Castillo, Juan Antonio Pérez Sato, Juan Manuel Cohuo Collí, Julia, Julio Miguel Ayala Rodríguez, Laura Bautista Hernández, Lizette Paulina Chávez Zepeda, Luis Mauricio Rodríguez Sánchez, Maritza Ernestina Venerozo Cortés, Natalia Real Luna, Nicolás Barragán de los Santos, Noé Coca Ortiz, Rene Urrieta Gil, Ricardo Nepomuceno Irene, Román Pérez Flores, Salvador Gallaga López, Sandybell Laínez Damián y los que me faltaron, de las áreas de Meliponicultura, Apicultura, Permacultura, Mantenimiento y Laboratorio de Ciencias de los Alimentos, del Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, que me ayudaron a desarrollar todas las etapas de esta investigación desde la construcción del meliponario, cajas, hasta realizar transferencias, divisiones, colecta de datos, etc. Mil gracias a todos por su apoyo.

Al H. Cuerpo de Policías del Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, gracias a todos por resguardar la seguridad de esta investigación.

A ti, por tomarte el tiempo de leer este trabajo.

CONTENIDO

PORTADA	i
HOJA LEGAL.....	iii
HOJA DE FIRMAS DE CONSEJO PARTICULAR.....	iv
RESUMEN Y PALABRAS CLAVE.....	v
ABSTRACT AND KEYWORDS	v
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTOS.....	x
CONTENIDO.....	xii
LISTA DE CUADROS	xiv
LISTA DE FIGURAS	xvi
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
OBJETIVOS.....	3
OBJETIVO GENERAL.....	3
OBJETIVOS PARTICULARES	3
HIPÓTESIS	4
1. CAPÍTULO I. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
1.1 ABEJA SIN AGUIJÓN DE LA ESPECIE <i>S. mexicana</i>	5
1.1.1 Taxonomía y Sinonimias.....	5
1.1.2 Distribución geográfica.....	5
1.1.3 Castas y características morfológicas.....	5
1.1.4 Nidos naturales y arquitectura interna.....	6
1.1.5 Ciclo biológico	8
1.1.6 Reproducción	9
1.1.7 División natural de colonias.....	9
1.2 MELIPONICULTURA	9
1.2.1 Meliponicultor.....	9
1.2.2 Meliponario	10
1.2.3 Mancuernas para la crianza de <i>S. mexicana</i>	11
1.2.4 Cajas racionales para la crianza de <i>S. mexicana</i>	12
1.2.5 Multiplicación artificial de colonias.....	14
1.2.6 Factores que afectan la multiplicación artificial de colonias	16

LITERATURA CITADA	21
2. CAPÍTULO II. MELIPONARIO CAMPUS CÓRDOBA-CP PARA LA CRÍANZA DE LA ABEJA SIN AGUIJÓN (<i>Scaptotrigona mexicana</i>), EN LA ZONA CENTRO DE VERACRUZ, MÉXICO.....	27
RESUMEN	27
ABSTRACT.....	27
2.1 INTRODUCCIÓN.....	28
2.2 CONCLUSIÓN.....	36
LITERATURA CITADA	38
3. CAPÍTULO III. CAJA PARA LA MULTIPLICACIÓN ARTIFICIAL Y PRODUCCIÓN DE MIEL DE ABEJAS SIN AGUIJÓN.	41
RESUMEN	41
3.1 ANTECEDENTES	41
3.2 BREVE DESCRIPCIÓN DE FIGURAS.....	43
3.3 DESCRIPCIÓN DETALLADA	51
3.4 REIVINDICACIONES.....	52
3.5 CONCLUSIONES	53
4. CAPÍTULO IV. EFECTO DEL MODELO DE CAJA, MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN DE LA CAJA Y RECUBRIMIENTO DE LOS PANALES DE CRÍA EN LA TERMORREGULACIÓN Y DESARROLLO DE COLONIAS DE <i>Scaptotrigona mexicana</i>	54
RESUMEN	54
ABSTRACT.....	55
4.1 INTRODUCCIÓN.....	56
4.2 MATERIALES Y MÉTODOS	57
4.3 RESULTADOS	67
4.4 DISCUSIÓN	72
4.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
LITERATURA CITADA	77

LISTA DE CUADROS

CAPITULO IV

Página

<p>Cuadro 4.2.1. Arreglo factorial de los tratamientos. MAF- Modelo Ailton-Fontana, MPA- Modelo Portugal-Araujo, CCM-Caja Construida de Madera, CCM+PE-Caja Construida de Madera + Poliestireno Expandible, PCTSR-Panales de Cría Transferidos Sin Recubrir, PCTRCAM- Panales de Cría Transferidos Recubiertos con Cera de Abeja Melífera, PCTRPE- Panales de Cría Transferidos Recubiertos con Poliestireno Expandible.</p>	64
<p>Cuadro 4.3.1. Medias ajustadas (\pmSD) del nido de <i>S. mexicana</i> de las variables TIND, TINN y TIP en: T₁(MAF-CCM-PCTSR), T₂(MAF-CCM- PCTRCAM), T₃(MAF-CCM-PCTRPE), T₄(MAF-CCM+PE- PCTSR), T₅(MAF- CCM+PE- PCTRCAM), T₆(MAF-CCM+PE- PCTRPE), T₇(MPA-CCM-PCTSR), T₈(MPA-CCM- PCTRCAM), T₉(MPA-CCM-PCTRPE), T₁₀(MPA-CCM+PE- PCTSR), T₁₁(MPA-CCM+PE- PCTRCAM) y T₁₂ (MPA-CCM+PE- PCTRPE).</p>	68
<p>Cuadro 4.3.2. Medias ajustadas (\pmSD) del PIC, PFC y GPC del nido de <i>S. mexicana</i> después de 12 semanas de experimento en: T₁(MAF-CCM-PCTSR), T₂(MAF-CCM- PCTRCAM), T₃(MAF-CCM-PCTRPE), T₄(MAF- CCM+PE- PCTSR), T₅(MAF- CCM+PE- PCTRCAM), T₆(MAF-CCM+PE- PCTRPE), T₇(MPA-CCM-PCTSR), T₈ (MPA-CCM- PCTRCAM), T₉(MPA-CCM-PCTRPE), T₁₀(MPA-CCM+PE- PCTSR), T₁₁(MPA-CCM+PE- PCTRCAM) y T₁₂(MPA-CCM+PE- PCTRPE).</p>	70
<p>Cuadro 4.3.3. Medias ajustadas (\pmSD) del NCCC y NPTC de <i>S. mexicana</i> después de 12 semanas de experimento en: T₁(MAF-CCM-PCTSR), T₂(MAF-CCM- PCTRCAM), T₃(MAF-CCM-PCTRPE), T₄(MAF- CCM+PE- PCTSR), T₅(MAF- CCM+PE-</p>	

PCTRCAM), T₆ (MAF-CCM+PE- PCTRPE), T₇(MPA-CCM-
PCTSR), T₈ (MPA-CCM- PCTRCAM), T₉ (MPA-CCM-
PCTRPE), T₁₀(MPA-CCM+PE- PCTSR), T₁₁(MPA-
CCM+PE- PCTRCAM) y T₁₂ (MPA-CCM+PE- PCTRPE). 72

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I	Página
Figura 1.1.3.1. Abeja sin aguijón de la especie <i>S. mexicana</i> . A: Reina adulta. B y C: Zánganos en congregación. D: Obreras nodrizas. E: Obreras guardianas. F: Obrera de <i>S. mexicana</i> y <i>A. mellifera</i> L. Foto: J.A. Pérez-Sato y H.R. Salazar-Vargas.	6
Figura 1.1.4.1. Sitios de anidación de <i>S. mexicana</i> . Tubos de entrada de <i>S. mexicana</i> alojada en un tronco (A), pared (B) y hueco formado entre rocas (C). Foto: J.A. Pérez-Sato y H.R. Salazar-Vargas.....	7
Figura 1.1.4.2. Áreas o cámaras del nido de <i>S. mexicana</i> . *El basurero se encuentra por debajo del área de cría. Fuente: Elaboración propia. Foto: J.A. Pérez-Sato.	7
Figura 1.1.4.3. Descripción de las estructuras que componen la arquitectura del nido de <i>S. mexicana</i> . Fuente: Elaboración propia. Foto: Foto: J.A. Pérez-Sato y H.R. Salazar-Vargas.	8
Figura 1.2.1.1. Meliponicultores de <i>S. mexicana</i> . A: Meliponicultoras de Papantla, Veracruz. B: Meliponicultor de Cuetzalan, Sierra Norte de Puebla. C: Madre e hijo meliponicultores de la Sierra Norte de Puebla. Foto: J.A. Pérez-Sato.....	10
Figura 1.2.2.1. Meliponarios para la crianza de <i>S. mexicana</i> . A: Meliponario rustico en Cuetzalan, Puebla. B: Meliponario moderno en Cuetzalan, Puebla. Foto: J.A. Pérez-Sato.	11
Figura 1.2.3.1. A y B: Mancuernas (ollas de barro) para la crianza de <i>S. mexicana</i> . C: Cámara de cría con miel durante el proceso de división artificial. D: Potes de miel con restos de barro. Foto: J.A. Pérez-Sato y H.R. Salazar-Vargas.	12
Figura 1.2.4.1. A: Caja modelo Portugal-Araujo modificado para la crianza de <i>S. mexicana</i> . B: Caja Portugal-Araujo con dos alzas. C: Cajas Portugal-Araujo modificadas en meliponario de Campus Córdoba. Foto: J.A. Pérez-Sato y H.R. Salazar-Vargas.....	13

Figura 1.2.4.2. A: Vista frontal de caja modelo Ailton-Fontana modificado para la crianza de <i>S. mexicana</i> . B: Partes de la caja Ailton-Fontana modificado, de izquierda a derecha: tapa, techo, alzas, caja y pared posterior. Foto: H.R. Salazar-Vargas.....	13
Figura 1.2.5.1. Método de transferencia para la multiplicación de abejas sin aguijón alojadas en troncos de árboles. Fuente: Elaboración propia. Foto: J.A. Pérez-Sato y H.R. Salazar-Vargas.	14
Figura 1.2.5.2. Método de división para la multiplicación de abejas sin aguijón. A: Método tradicional para colonias alojadas en mancuernas. B: Método para colonias alojadas en cajas modelo Portugal-Araujo. Fuente: Elaboración propia. Foto: H.R. Salazar-Vargas.	15
Figura 1.2.5.3. Método de duplicación para la división artificial de abejas sin aguijón alojadas en troncos, sin dañar el árbol y la colonia madre. Fuente: Elaboración propia. Foto: H.R. Salazar-Vargas.	16
Figura 1.2.5.4. Método de reunión para la multiplicación de abejas sin aguijón. Fuente: Elaboración propia. Foto: H.R. Salazar-Vargas.....	16
Figura 1.2.6.1. Alimentación artificial para abejas sin aguijón. A: Taparroasca de refresco como recipiente para alimentación. B: Recipiente con polen. C: Recipiente con miel de abeja europea. D y E: Alimentación a colonias alojadas en cajas racionales. Foto: H.R. Salazar Vargas.....	17
Figura 1.2.6.2. Ciclo biológico de la mosca <i>Pseudohypocera</i> spp. A: Huevo. B: Larva C: Pupa D: Adulto. Foto: J. A. Pérez-Sato y H.R. Salazar-Vargas.	19
Figura 1.2.6.3. A y B: Control de mosca con el uso de trampa y atrayente a base de ácido acético al 5%. C: Captura de mosca adulta utilizando trampa. Foto: J. A. Pérez-Sato y H.R. Salazar-Vargas.	19

CAPÍTULO II

Página

Figura 2.1.1. A: Abejas sin aguijón <i>S. mexicana</i> en tubo de entrada. B: Colonia de abeja sin aguijón <i>S. mexicana</i> habitando de forma natural en el hueco del tronco de un árbol. C: Tubo de entrada en tronco de árbol. Foto: J.A. Pérez-Sato.	28
Figura 2.1.2. A: Meliponicultora totonaca de la Sierra Norte de Puebla cultivando a <i>S. mexicana</i> con el método tradicional. B: El uso de cajas de madera es más común en la Región del Soconusco del estado de Chiapas. Foto: J.A. Pérez-Sato.....	29
Figura 2.1.3. Meliponarios rústicos de la Sierra Norte de Puebla, Municipio de Cuetzalan, Puebla. Foto: J.A. Pérez-Sato.....	29
Figura 2.1.4. Meliponarios modernos para la crianza de <i>S. mexicana</i> , localizados en Cuetzalan, Puebla (A), en la Tosepan, Puebla (B), en el Campus Córdoba del Colegio de Postgraduados (C y D). Foto: J.A. Pérez-Sato.	30
Figura 2.1.5. A: Vista lateral de meliponario Campus Córdoba-CP sin cajas. B: Vista lateral de meliponario Campus Córdoba-CP con colonias de <i>S. mexicana</i> alojadas en caja. C: Vista frontal lado norte del meliponario Campus Córdoba-CP sin cajas. D: Vista angular de meliponario Campus Córdoba-CP con colonias de <i>S. mexicana</i> en caja. Foto: H.R. Salazar-Vargas.....	31
Figura 2.1.6. A: Vista aérea de piso. B: Vista lateral de piso, estructura de soporte tipo Pratt, cubierta del techo, columnas y estantes. C: Vista frontal de piso, columnas, estantes y techo. D: Longitud de las piezas de bambú para estructura de soporte tipo Pratt y estantes. Fuente: Elaboración propia.	32
Figura 2.1.7. A: Espacio para la construcción de piso, bosque comestible. B: Preparación de terreno. C: Construcción de límites perimetrales. D: Construcción de postes. E: Construcción de pasillo. F: Piso, postes y límites perimetrales terminados. Foto: H. R. Salazar-Vargas.....	32

Figura 2.1.8. A: Viga tipo Pratt. B: Ensamble de columnas. C: Ensamble de vigas. D: Ensamble de vigas tipo Pratt. D y E: Ensamble de lámina acanalada. Foto: H. R. Salazar-Vargas.	33
Figura 2.1.9. A: Ensamble de vigas paralelas en columnas. B y C: Ensamble de planchado de bambú para estantes. Foto: H. R. Salazar-Vargas.	34
Figura 2.1.10. A: Bosque comestible. B: Huerto. Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, Área Permacultura. Foto: H.R. Salazar-Vargas.	35
Figura 2.1.11. A: Corte de bambú. B: Piezas de bambú con medidas específicas. Foto. H. R. Salazar-Vargas.....	36

CAPÍTULO III

Página

Figura 3.2.1. Perspectiva de la caja para la multiplicación artificial y producción de miel de abejas sin aguijón.	44
Figura 3.2.2. Vista frontal de la caja para la multiplicación artificial y producción de miel de abejas sin aguijón.	45
Figura 3.2.3. Vista posterior de la caja para la multiplicación artificial y producción de miel de abejas sin aguijón.	46
Figura 3.2.4. Vista lateral derecha de la caja para la multiplicación artificial y producción de miel de abejas sin aguijón.	47
Figura 3.2.5. Vista lateral izquierda de la caja para la multiplicación artificial y producción de miel de abejas sin aguijón.	48
Figura 3.2.6. Vista superior de la caja para la multiplicación artificial y producción de miel de abejas sin aguijón.	49
Figura 3.2.7. Vista inferior de la caja para la multiplicación artificial y producción de miel de abejas sin aguijón.	50

CAPÍTULO IV

Página

Figura 4.2.1. Meliponarios ubicados dentro del Campus Córdoba de donde se seleccionaron las colonias del presente experimento. A: Meliponario ubicado en el área de Permacultura del Campus Córdoba-CP. B: Meliponario del área de la planta piloto de	
--	--

miel Campus Córdoba-CP. C: Mancuernas identificadas y seleccionadas del meliponario del área de Permacultura. D: Mancuernas identificadas y seleccionadas del meliponario del área de la planta piloto de miel.	58
Figura 4.2.2. Transferencia de colonias de <i>S. mexicana</i> de mancuerna a caja racional de madera-poliestireno expandido. Fuente: Elaboración propia. Foto: H.R. Salazar-Vargas.....	59
Figura 4.2.3. División de colonias madres de <i>S. mexicana</i> alojadas en caja racional para obtener 36 colonias hijas. Fuente: Elaboración propia. Foto: H.R. Salazar-Vargas.....	59
Figura 4.2.4. Arreglo factorial de los tratamientos para analizar su efecto en la termorregulación y desarrollo de colonias de abejas de <i>S. mexicana</i> de tamaño pequeño obtenidas por división artificial. Fuente: Elaboración propia. Foto: H.R. Salazar-Vargas.....	60
Figura 4.2.5. A: Vista frontal de caja MAF, CCM. B: Vista posterior de alzas techo, tapa y caja MAF, CCM. C: Vista frontal de caja MPA, CCM. D: Vista lateral derecha de caja MPA, CCM. E: Vista frontal de caja MAF, CCM+PE. F: Vista posterior de alzas techo, tapa y caja MAF, CCM+PE. C: Vista frontal de caja MPA, CCM+PE. D: Vista lateral derecha de caja MPA, CCM+PE. Fuente: Elaboración propia. Foto: H.R. Salazar-Vargas.	61
Figura 4.2.6. Detalle constructivo de piezas (piso, techo, paredes laterales, pared anterior y pared posterior) para la elaboración de cajas MPA y MAF con CCM+PE. A: Pieza de triplay. B: Ajuste de polines en extremos laterales. C: Fijado de polines en extremos laterales. D: Ajuste de polines en extremos superior e inferior. E: Fijado de polines en extremos superior e inferior. F: Ajuste de poliestireno expandido en marco. G: Relleno con poliestireno expandido. H: Cubierta y fijado con pieza de	

<p>triplay. Fuente: Elaboración propia. Foto: H.R. Salazar-Vargas. </p>	61
<p>Figura 4.2.7. Recubrimiento de panales de cría durante transferencia de colonias. A: Panales de Cría Transferidos Recubiertos con Cera de Abeja Melífera (PCTRCAM). B: Panales de Cría Transferidos Recubiertos con Poliestireno Expandible (PCTRPE). C: Panales de Cría Transferidos Sin Recubrimiento (PCTSR). Fuente: Elaboración propia. Foto: H.R. Salazar-Vargas.</p>	62
<p>Figura 4.2.8. Elaboración del recubrimiento para Panales de Cría Transferidos Recubiertos con Cera de Abeja Melífera (PCTRCAM). A: Trazo de medidas en lámina de cera estampada de abeja europea <i>Apis mellifera</i> L. B: Corte de láminas. C: Ajuste de medidas (6 x 30 cm). D: Elaboración de orificios de ventilación con sacabocados con diámetro de 1 cm. E: Lámina terminada con orificios de ventilación. F: Elaboración de cilindro para colocar dentro la cría recién transferida. Fuente: Elaboración propia. Foto: H.R. Salazar-Vargas.</p>	62
<p>Figura 4.2.9. Elaboración del recubrimiento para los panales de cría transferidos utilizando un recipiente de poliestireno expandible. A: Vista del fondo del recipiente de poliestireno expandible B: Trazo de medidas en el recipiente. C: Corte con una tijera de la parte inferior del recipiente. D: La parte inferior del recipiente es eliminado. E: Elaboración de orificios de ventilación con sacabocados con diámetro de 1 cm. F: Recubrimiento terminado con orificios de ventilación. G: Panales de Cría Transferidos Recubiertos con Poliestireno Expandible (PCTRPE). Fuente: Elaboración propia. Foto: H.R. Salazar-Vargas.</p>	62
<p>Figura 4.2.10. Combinación del factor modelos de caja con dos niveles, factor material de construcción de la caja con dos niveles, factor</p>	

<p>materiales que recubren el nido recién transferido con tres niveles, da como resultado 12 combinaciones posibles. Fuente: Elaboración propia. Foto: H.R. Salazar-Vargas.....</p>	63
<p>Figura 4.2.11. Trasiego de colonias de <i>S. mexicana</i> a Meliponario Campus Córdoba-CP. Foto: H.R. Salazar-Vargas.</p>	65
<p>Figura 4.2.12. Distribución aleatoria de tratamientos por bloque en Meliponario Campus Córdoba-CP. Fuente: Elaboración propia. Foto: H.R. Salazar-Vargas.</p>	65
<p>Figura 4.2.13. A y B: Sensor del termómetro digital sobre último disco de cría. C: cuantificación del peso inicial y final. D: Medición de diámetro de disco de cría utilizando Vernier. E: Cuantificación de los potes totales construidos. Foto: H.R. Salazar-Vargas.</p>	66
<p>Figura 4.3.1. Temperatura media ajustada (\pmSD) de nidos de <i>S. mexicana</i> en: T₁(MAF-CCM-PCTSR), T₂(MAF-CCM- PCTRCAM), T₃(MAF-CCM-PCTRPE), T₄(MAF- CCM+PE- PCTSR), T₅(MAF- CCM+PE- PCTRCAM), T₆(MAF-CCM+PE- PCTRPE), T₇(MPA-CCM-PCTSR), T₈(MPA-CCM- PCTRCAM), T₉(MPA-CCM-PCTRPE), T₁₀(MPA-CCM+PE- PCTSR), T₁₁(MPA-CCM+PE- PCTRCAM) y T₁₂ (MPA-CCM+PE- PCTRPE), durante 24 horas.....</p>	69
<p>Figura 4.3.2. Peso Inicial de la Colonia (PIC) (barra gris), Peso Final de la Colonia (PFC) (barra blanca) y Ganancia de Peso de la Colonia (GPC) (barra negra) medio ajustado (\pmSD) de nidos de <i>S. mexicana</i> en : T₁(MAF-CCM-PCTSR), T₂(MAF-CCM- PCTRCAM), T₃(MAF-CCM-PCTRPE), T₄(MAF- CCM+PE- PCTSR), T₅(MAF- CCM+PE-PCTRCAM), T₆ (MAF-CCM+PE- PCTRPE), T₇(MPA-CCM-PCTSR), T₈ (MPA-CCM- PCTRCAM), T₉ (MPA-CCM-PCTRPE), T₁₀(MPA-CCM+PE- PCTSR), T₁₁(MPA-CCM+PE- PCTRCAM) y T₁₂ (MPA-CCM+PE- PCTRPE), al inicio y después de 12 semanas de experimento.....</p>	71

INTRODUCCIÓN GENERAL

Las abejas sin aguijón, abejas nativas o abejas meliponas son insectos con una distribución tropical y presentan la peculiaridad de que su aguijón es involucionado (Michener, 2000). En México se han identificado 46 especies (Ayala, 1999), el estado de Veracruz cuenta con 26 de las especies reportadas, entre la que destaca por su importancia económica la *Scaptotrigona mexicana*, especie que también se encuentra presente en Chiapas, Guerrero, Hidalgo, Morelos, Oaxaca, San Luis Potosí y Puebla (Ayala *et al.*, 2013).

La crianza de la abeja sin aguijón para beneficio del ser humano se le conoce como meliponicultura (Halcroft *et al.*, 2013) y desde tiempos ancestrales hasta la actualidad ha destacado por su importancia económica, ecológica y social. De sus nidos se obtienen productos de valor económico tales como: miel, polen, propóleos y cera (Quezada-Euán, 2005). En el aspecto ecológico, este insecto juega un rol importante en las interacciones ecológicas que contribuyen al mantenimiento de los ecosistemas en donde habita (Byrne y Fitzpatrick, 2009), es un eficiente polinizador de diferentes especies de plantas silvestres y cultivadas (Cane, 2008; Ramírez-Arriaga y Martínez-Hernández, 2007; Heard, 1999) y son indicadores confiables de perturbaciones ambientales (Brown y Albrecht, 2001; Imperatriz-Fonseca, 2002; Slaa *et al.*, 2006). En el aspecto social la meliponicultura es una alternativa en el desarrollo económico de comunidades rurales en regiones tropicales derivado de la comercialización de los productos obtenidos de sus nidos, favoreciendo socialmente a la integración de los núcleos familiares de dichas comunidades (Quezada-Euán *et al.*, 2001). Esta actividad ha estado arraigada en las tradiciones de los pueblos (Villanueva-Gutiérrez *et al.*, 2005; Sánchez *et al.*, 2004) siendo parte de nuestro patrimonio cultural (González-Acereto *et al.*, 2006).

Actualmente en México, a pesar de los esfuerzos de diversas instituciones e investigadores las abejas sin aguijón aún se encuentran amenazadas y en peligro de desaparecer; esta práctica ancestral solamente sobrevive en algunos estados de la república, como Yucatán, Campeche, Quintana Roo, la Sierra Norte de Puebla, Chiapas y Veracruz (Roubik, 2006). Entre los retos que enfrenta la meliponicultura destaca: incrementar a través de la división artificial (Quijano *et al.*, 2008) el número de colonias que existen en los meliponarios (Freitas *et al.*, 2009). Sin embargo, el reto no es sencillo ya que se reporta que el mayor número de pérdidas de colonias ocurre durante esta etapa (Villanueva-Gutiérrez *et al.*, 2013). Entre las causas de

dichas pérdidas destacan: meliponarios que no brindan la protección adecuada a las colonias (Villanueva-Gutiérrez *et al.*, 2013), cajas tecnificadas que no brindan a los nidos divididos las condiciones adecuadas para una eficiente termorregulación (Vollet-Neto *et al.*, 2011), desarrollo óptimo de la cría (Arzaluz *et al.*, 2002), protección contra enemigos naturales (Lóriga *et al.*, 2015) y manejo inadecuado durante la división artificial de la colonia (Jaffé *et al.*, 2015; Meikle *et al.*, 2015; Sánchez *et al.*, 2008).

Para reducir la mortalidad de las colonias hijas por efecto de la termorregulación durante la división artificial (Torres *et al.*, 2007) se ha buscado diseñar cajas racionales que contribuyan a mantener el nido en una temperatura que oscile entre los 26° a 34°C (Vollet-Neto *et al.*, 2014). Se ha observado que la temperatura interna del nido tiene una relación con el tipo y material de la colonia o cavidad en la que se aloje (Macías-Macías *et al.*, 2011).

En México, en la meliponicultura tradicional se utilizan ollas de barro para alojar a las colonias de la especie *Scaptotrigona mexicana*. Este tipo de cavidad artificial tiene la ventaja de proteger el nido de ataques por parásitos, pero tiene serias limitantes en cuanto a manejo, cosecha inocua de la miel (Guzmán-Díaz *et al.*, 2011) y principalmente sobrevivencia de la colonia en desarrollo en periodos invernales, donde las temperaturas descienden (Sánchez *et al.*, 2004).

En la meliponicultura moderna se han diseñado y fabricado diversos modelos de cajas racionales para alojar nidos de abejas sin aguijón fabricadas principalmente de madera, las cuales facilitan la multiplicación, inspección y cosecha inocua de miel (Halcroft *et al.*, 2013; Venturieri *et al.*, 2003); pero no contribuyen adecuadamente a la termorregulación del nido. Pisté-Mukul *et al.* (2011) evaluaron cajas racionales de diversos materiales encontrando que el poliuretano fue el que brindaba las mejores condiciones de termorregulación a las colonias, sin embargo a través del tiempo este se degradaba debido al contacto directo con el sol.

Para contribuir a la termorregulación del nidos, algunos meliponicultores han utilizado algunos materiales como son cera estampada de abeja, para cubrir los panales de cría de una colonia hija dividida artificialmente simulando el papel que juega el involucro (Roubik, 2006). El involucro alrededor de los panales de cría y del sistema de ventilación que emplean las abejas adultas a través del tubo de entrada juegan un papel importante en la termorregulación (Jones y Oldroyd, 2006).

A pesar de los avances logrados hasta nuestros días por nuestros ancestros e investigadores en cuanto a la crianza moderna de la abeja sin aguijón *S. mexicana*; aun es necesario continuar innovando en varias áreas de la meliponicultura; por ejemplo, en las características de los meliponarios y cajas racionales para asegurar la sobrevivencia y un rápido desarrollo de la colonia; además de un fácil manejo y asegurar la inocuidad de los productos obtenidos de la colonia. En la presente investigación se propone como objetivos el diseñar un modelo de meliponario moderno resultado del conocimiento ancestral y científico; además de rediseñar modelos de caja racionales que incluyan en su diseño materiales propiedades térmicas aislantes para mejorar la termorregulación del nido; así mismo se evalúan las interacciones entre los siguientes factores: dos modelos de cajas, dos materiales de construcción caja y tres materiales que buscan realizar la función del involucro en colonias obtenidas por división artificial, para proponer nuevas recomendaciones basadas en evidencias científicas que nos permitan reducir el número de pérdidas de colonias durante la división artificial de colonias.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Innovar en el diseño y construcción de meliponarios y cajas racionales que permitan una mayor sobrevivencia y desarrollo de colonias de tamaño pequeño de *S. mexicana* obtenidas a través de división artificial.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Diseñar y establecer un meliponario moderno tomando en cuenta el conocimiento ancestral y científico para brindar mayor protección y ventajas para el desarrollo de las colonias de *S. mexicana*.
- Rediseñar cajas racionales con materiales con propiedades térmicas aislantes que contribuyan a brindar una temperatura adecuada al nido de *S. mexicana* y además faciliten el manejo y división artificial de las colonias.
- Analizar el efecto que tiene el recubrir los panales de cría con un material que sustituye al involucro y alojarlos en modelos de cajas racionales construidas con material convencional y materiales con propiedades térmicas aislantes, en la temperatura del nido y el desarrollo de colonias de tamaño pequeño de *S. mexicana* obtenidas por división artificial.

HIPÓTESIS

- Combinar los conocimientos ancestrales y científicos contribuye a diseñar a establecer un meliponario que brinde mayor protección y desarrollo de colonias de abejas *S. mexicana*.
- Utilizar materiales con propiedades térmicas aislantes en el diseño de cajas racionales, puede contribuir a mejorar la termorregulación de colonias de abejas *S. mexicana*.
- La combinación de dos modelos de cajas racionales, construidas con materiales con propiedades aislantes y recubriendo los panales de cría con dos tipos de materiales, permitirá analizar la influencia que estos desempeñan en la termorregulación de colonias de abeja de la especie *S. mexicana* durante su división artificial.
- Recubrir los panales de cría con material natural de cera de abeja melífera y alojarlos en cajas construidas con material con propiedades térmicas aislantes contribuye a mantener una temperatura entre 26 a 34 °C cuando las temperaturas ambientales son bajas.

CAPÍTULO I. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 ABEJA SIN AGUIJÓN DE LA ESPECIE *S. mexicana*

1.1.1 Taxonomía y Sinonimias

En el país se encuentran presentes 11 géneros y 46 especies de Meliponinos. La clasificación taxonómica de la especie *S. mexicana*, corresponde a la familia Apidae, subfamilia Apinae, tribu Meliponini, genero *Scaptotrigona* (Ayala, 1999).

Las sinonimias más frecuentemente escuchadas para *S. mexicana* son “Pisil Nekmej” llamada así por los Nahoas de Cuetzalan en la Sierra Norte de Puebla, “Táskat o Kiwitaskat” denominada así por los Totonacos del Tajín en Veracruz, “Abeja Congo” conocida por los habitantes de Chiapas, “Kerk-Kam” nombrada por los indios-Maya-Kekchí en Alta Verapaz Guatemala y “Talnete” por los Mayas-Chortís del Noreste de Guatemala (González, 2008).

1.1.2 Distribución geográfica

En general, el patrón de distribución de las especies de abejas sin aguijón en México comienza en el Noroeste del país desde el Sur de Sinaloa a la Costa del Pacifico llegando hasta Chiapas; por la Costa del golfo desde San Luis Potosí, Este de Hidalgo, Norte de Puebla hasta el Centro de Veracruz y en el Norte de Chiapas se bifurca por el sur hacia América Central y en dirección al noreste hasta la Península de Yucatán (Yáñez *et al.*, 2008); en el caso específico de la *S. mexicana* su distribución geográfica se da en los estados de Chiapas, Guerrero, Hidalgo, Morelos, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí y Veracruz (Ayala *et al.*, 2013).

1.1.3 Castas y características morfológicas

La colonia de *S. mexicana* se encuentra integrada por tres castas: reinas, zánganos y obreras. Existe una sola reina adulta (Figura 1.1.3.1A) encargada de poner huevos fértiles (Simeunovic *et al.*, 2014), también están presentes reinas vírgenes o no fecundadas (Imperatriz-Fonseca y Zucchi, 1995) que cumplirán el papel de fundar una colonia hija o sustituir a la reina de la colonia madre a la cual pertenecen. Por otra parte, están los zánganos (Figura 1.1.3.1B y C) que son los machos encargados de la fecundación (Galindo y Kraus, 2009) y las obreras que desempeñan diferentes papeles dentro de la colonia de acuerdo a su estado de madurez. Vit, *et al.* (2013) menciona que las obreras desarrollan el papel de nodrizas (Figura 1.1.3.1D), afanadoras, guardianas (Figura 1.1.3.1E), scout y recolectoras de recursos (Figura 1.1.3.1F).

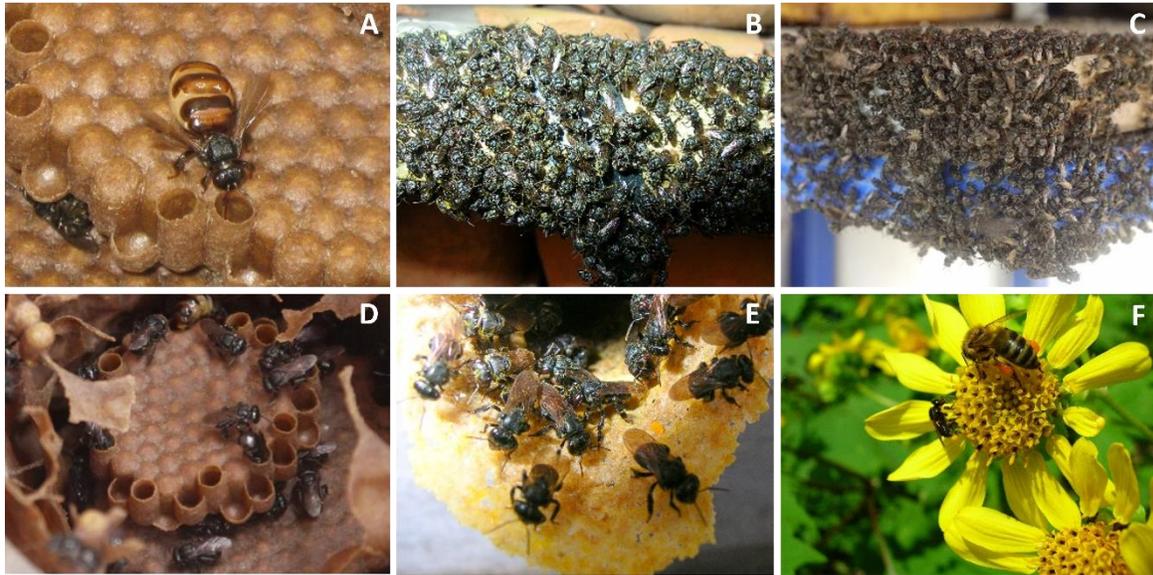


Figura 1.1.3.1. Abeja sin aguijón de la especie *S. mexicana*. A: Reina adulta. B y C: Zánganos en congregación. D: Obreras nodrizas. E: Obreras guardianas. F: Obrera de *S. mexicana* y *A. mellifera* L. Foto: J.A. Pérez-Sato y H.R. Salazar-Vargas.

El tamaño promedio de las abejas obreras y zánganos es de 5.0 a 5.3 mm, su color corporal es negro y sus alas pueden ser de color naranja (Chiapas) o hialino (Puebla). Los machos y las obreras son del mismo color y carecen de corbículas, las reinas son oscuras teniendo un brillo corporal cuando son vírgenes y son casi el doble de largas y más corpulentas que las obreras y los zánganos (González, 2008).

1.1.4 Nidos naturales y arquitectura interna.

Los sitios donde la *S. mexicana* construyen sus nidos de manera natural son: cavidades de árboles (Figura 1.1.4.1A), postes de electricidad, paredes con huecos (Figura 1.1.4.1B), nidos abandonados de otros insectos, entre otras cavidades (Figura 1.1.4.1C) (Kelly *et al.*, 2014; Roubik, 2006).

El nido de las abejas sin aguijón presenta una arquitectura interna uniforme en comparación con su amplia diversidad morfológica y conductual (Quezada-Euán, 2005). Las áreas del nido son las siguientes: galería, área de cría, área de almacenamiento y basurero (Figura 1.1.4.2) (González, 2008).



Figura 1.1.4.1. Sitios de anidación de *S. mexicana*. Tubos de entrada de *S. mexicana* alojada en un tronco (A), pared (B) y hueco formado entre rocas (C). Foto: J.A. Pérez-Sato y H.R. Salazar-Vargas.

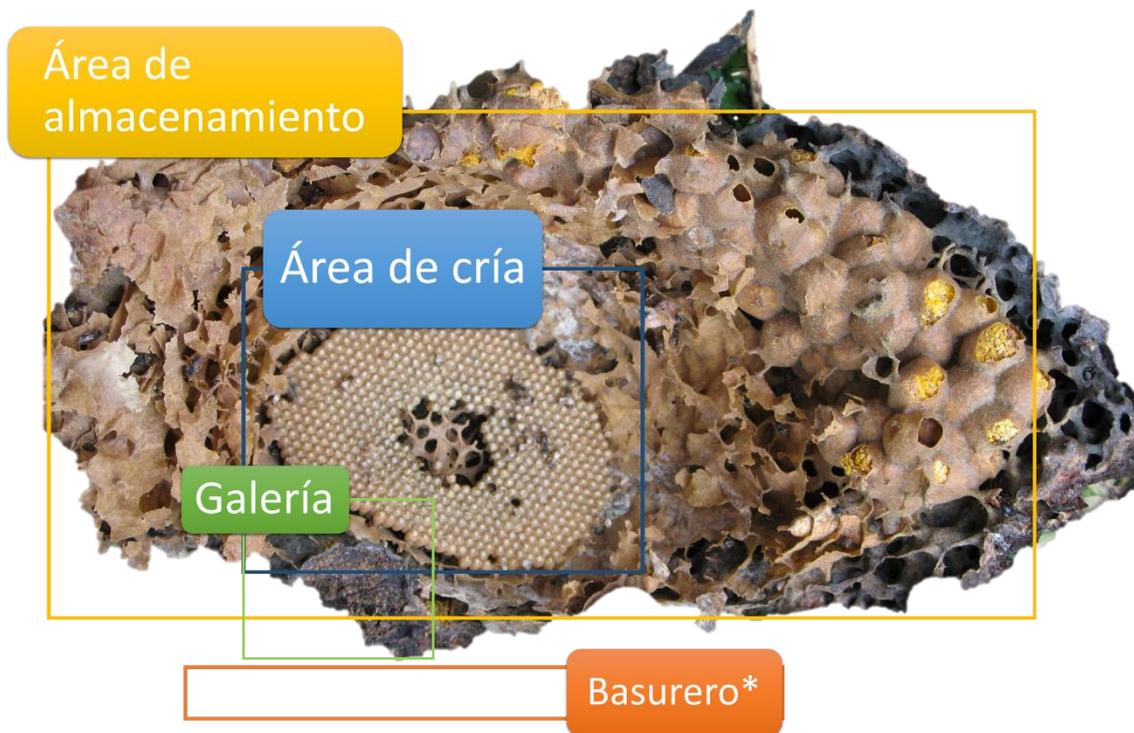


Figura 1.1.4.2. Áreas o cámaras del nido de *S. mexicana*. *El basurero se encuentra por debajo del área de cría. Fuente: Elaboración propia. Foto: J.A. Pérez-Sato.

Los nidos de las abejas *S. mexicana* están compuestos de diferentes estructuras como son entrada, tubo de entrada, batumen, involucro, pilares, conectivos, panales, potes de almacenamiento y escutelo (Figura 1.1.4.3). El volumen de los nidos de *S. mexicana* es un poco mayor a 4.5 L, con un número promedio de 13 panales, con un 60 % de panales en capullo y 40 % de panales nuevos con una longitud de 17.5 cm, 11.3 cm de ancho, las celdas de obreras y zánganos es de 6 mm de alto por 3 mm de ancho, celdas reales son de 1 mm de

alto por 5 mm de ancho, el crecimiento de los panales es del tipo semisincrónico, caracterizado por alternar lapsos de construcción y aprovisionamiento de varias celdas sobre un panal. Los reservorios de alimentos son de 2 a 2.7 cm de alto y de 1.9 a 2 cm de ancho (Pisté-Mukul, 2011); todo esto lo realizan a partir del material cerumen que es la resina que las abejas sin aguijón colectan de plantas y mezclan con cera que producen en las glándulas llamadas cerígenas que se ubican en el dorso de su abdomen; todas las abejas sin aguijón lo utilizan como elemento básico para la construcción del nido (Quezada-Euán, 2005).

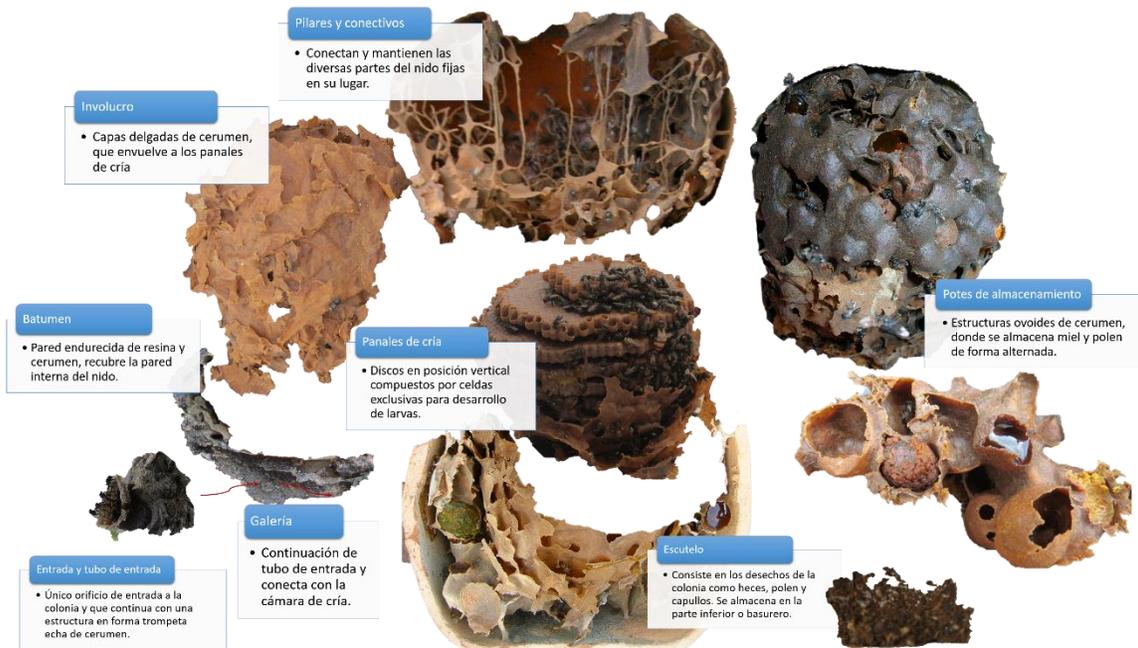


Figura 1.1.4.3. Descripción de las estructuras que componen la arquitectura del nido de *S. mexicana*. Fuente: Elaboración propia. Foto: Foto: J.A. Pérez-Sato y H.R. Salazar-Vargas.

1.1.5 Ciclo biológico

El ciclo biológico de las abejas sin aguijón consta de las siguientes etapas: huevecillo, larva, pupa y adulto. El ciclo inicia cuando la reina oviposita un huevo fértil dentro de la celda que contiene alimento larval y en seguida es sellado por las obreras (Cepeda, 2006). Dentro de la celda el huevo eclosiona dando origen a la larva (Vit *et al.*, 2013), quien días después se transformará en una pupa y posteriormente en un adulto (Medina *et al.*, 2009). En general, la abeja adulta emergerá en un rango de 30 a más de 50 días.

1.1.6 Reproducción

La fecundación de la reina ocurre por la necesidad de la colonia madre de formar una nueva colonia o por la ausencia de reina fértil (Simeunovic *et al.*, 2014). La reina virgen visitara el área de congregación de zánganos, en donde se llevara cabo el cortejo y la copula con un zángano que depositara su semen dentro de su estructura denominada espermateca (Galindo y Kraus, 2009; Velthuis *et al.*, 2005), aquí es donde la reina almacenara el semen. Una vez finalizada la copula el aparato copulador del zángano se desprenderá y servirá de sello de la espermateca. Concluida la fecundación la reina regresara a la colonia y comenzara la postura de huevos durante toda su vida (Vit *et al.*, 2013).

1.1.7 División natural de colonias

La división natural de la *S. mexicana* es un proceso anual que les toma a las obreras varios días. Inicia cuando la abejas sin aguijón llamadas “scouts” identifican un nuevo lugar con las condiciones ideales para iniciar un nuevo nido. Posterior a la limpieza de la cavidad, las obreras comienzan el transporte de cerumen y alimento para iniciar la construcción de las estructuras del nido (Nunes-Silva *et al.*, 2014). Entre 500 a 1000 abejas obreras se trasladan a su nuevo nido; acompañadas por una reina virgen, quien después de ser fecundada inicia la postura de huevos; mientras que el resto de los individuos de la colonia construyen celdas de cría y potes para almacenar alimento (Van Veen y Sommeijer, 2000).

1.2 MELIPONICULTURA

La meliponicultura es una actividad ancestral en donde el ser humano conocido como meliponicultor mantienen, multiplican y utilizan las abejas sin aguijón para su beneficio (Halcroft *et al.*, 2013). Es una antigua tradición en el continente americano, habiendo sido practicada por los nativos Kayapó en Brasil, por los mayas en América Central y entre otras culturas (Camargo y Posey, 1990; Villanueva *et al.*, 2005; González-Acereto *et al.*, 2006). Además, de su importancia para los pueblos indígenas; las abejas sin aguijón actúan como polinizadores de diversas plantas silvestres y cultivadas (Heard, 1999).

1.2.1 Meliponicultor

El meliponicultor (Figura 1.2.1.1) es la persona encargada de cuidar, mantener, multiplicar y aprovechar racionalmente las abejas sin aguijón; para el caso de la crianza de *S. mexicana* en la Sierra Norte de Puebla, se localizan los meliponicultores con mayor experiencia para el

manejo tradicional de esta especie, a lo largo de varias generaciones han transmitido su conocimiento sobre la meliponicultura tradicional.



Figura 1.2.1.1. Meliponicultores de *S. mexicana*. A: Meliponicultoras de Papantla, Veracruz. B: Meliponicultor de Cuetzalan, Sierra Norte de Puebla. C: Madre e hijo meliponicultores de la Sierra Norte de Puebla. Foto: J.A. Pérez-Sato.

1.2.2 Meliponario

Es una estructura con techo donde se resguardan y protegen las colonias de *S. mexicana* de las inclemencias del tiempo, como la, lluvia, el sol y los vientos. Es conocido con diferentes nombres tales como: solar, tejaban, techo o choza. Para iniciar un meliponario nuestros ancestros identificaban las colonias silvestres que habitan en los arboles huecos, cortaban el árbol y lo trasladaban cerca de su vivienda principalmente el patio o jardín, para su cuidado y aprovechamiento (Villanueva-Gutiérrez *et al.*, 2013). La transferencia de colonias que habitaban en los troncos huecos de los arboles a ollas o cajas racionales de madera mejoro el manejo y la cosecha de miel, pero propicio pérdidas de colonias por depredadores, plagas, rupturas de ollas e inclemencias del tiempo como la lluvia y los rayos directos del sol (Cortopassi-Laurino *et al.*, 2006).

El meliponario rustico (Figura 1.2.2.1A), surgió de la necesidad de brindar una mayor protección a las colonias, lo que llevo a colocarlas debajo de los aleros de las casas, pasillos, o construir estructuras con techo de materiales como troncos, palma, u otros materiales disponibles (Cano-Contreras *et al.*, 2013).

El meliponario moderno (Figura 1.2.2.1B) en su diseño y construcción toma en cuenta los principios ancestrales, además de los conocimientos generados por meliponicultores e investigadores, tales como: la cantidad de colonias a alojar, los modelos de cajas utilizadas, el lugar para su ubicación, su orientación de acuerdo a las condiciones climáticas, y los materiales disponibles para su construcción, beneficiando las prácticas de la meliponicultura (Koser *et al.*, 2014; Villanueva-Gutiérrez *et al.*, 2013; González-Acereto *et al.*, 2006).



Figura 1.2.2.1. Meliponarios para la crianza de *S. mexicana*. A: Meliponario rustico en Cuetzalan, Puebla. B: Meliponario moderno en Cuetzalan, Puebla. Foto: J.A. Pérez-Sato.

1.2.3 Mancuernas para la crianza de *S. mexicana*

Para la crianza de *S. mexicana* los meliponicultores de la Sierra Norte de Puebla utilizan tradicionalmente ollas de barro encontradas y son conocidas comúnmente como mancuernas (Figura 1.2.3.1A y B) (González-Acereto, 2008). La olla colocada en la parte inferior sirve para que la abeja desarrolle la cámara de cría y la colocada en la parte superior para el área de almacenamiento (Guzmán-Díaz *et al.*, 2011). Las desventajas de utilizar ollas es que los espacios para el desarrollo de la colonia se restringe y la miel obtenida durante la cosecha se puede mezclar con residuos de las ollas u otros desechos como barro con el cual se sellan las ollas (Figura 1.2.3.1C y D) (Sánchez *et al.*, 2004). Por otra parte, las ollas no brindan las condiciones adecuadas de termorregulación del nido cuando las colonias son pequeñas y se ha observado un mayor número de pérdidas de colonias se reporta durante la multiplicación artificial.



Figura 1.2.3.1. A y B: Mancuernas (ollas de barro) para la crianza de *S. mexicana*. C: Cámara de cría con miel durante el proceso de división artificial. D: Potes de miel con restos de barro. Foto: J.A. Pérez-Sato y H.R. Salazar-Vargas.

1.2.4 Cajas racionales para la crianza de *S. mexicana*

Una alternativa moderna para alojar los nidos de las abejas sin aguijón son las cajas racionales de madera. El tipo de caja donde se alojan los nidos juega un papel importante en el crecimiento de las colonias (Venturieri *et al.*, 2003) y su diseño depende principalmente de la especie. El modelo de caja más utilizado para *S. mexicana* es el Portugal-Araujo modificado (Figura 1.2.4.1), consta de una cámara de cría y techo con medidas internas de 16 cm de largo por 12 cm de ancho y 14 cm de alto, con una alza accesoria con medidas internas de 16 cm de largo por 12 cm de ancho y 6 cm de alto (Guzmán-Díaz *et al.*, 2011). Estas se construyen con madera de diferentes grosores que puede ir de los 2.5 cm o más, habiendo una relación entre el grosor y la termorregulación del nido. El uso de cajas racionales en la meliponicultura facilita el manejo de la colonia que incluye la inspección, alimentación, control de plagas, división artificial y cosecha de los productos de la colonia (Jaffé *et al.*, 2015; Sánchez *et al.*, 2004).



Figura 1.2.4.1. A: Caja modelo Portugal-Araujo modificado para la crianza de *S. mexicana*. B: Caja Portugal-Araujo con dos alzas. C: Cajas Portugal-Araujo modificadas en meliponario de Campus Córdoba. Foto: J.A. Pérez-Sato y H.R. Salazar-Vargas.

El modelo de caja racional Ailton-Fontana, es utilizado para alojar nidos de las especies *Tetragonisca angustula* y *Nannotrigona testaceicornis*. Esta caja consta de 5 alzas cada una con medidas internas de 9 cm de largo por 9 cm de ancho y 5 cm de altura. Todas las alzas son colocadas en el interior de la caja. Además, la caja cuenta con pared posterior, techo y tapa removible (Fontana, 2014). No hay evidencia del uso de este modelo para alojar nidos de la especie *S. mexicana* (Figura 1.2.4.2). Sin embargo, su modificación en cuanto a sus dimensiones, interior y entrada podrían generar un diseño novedoso para la crianza de *S. mexicana*.



Figura 1.2.4.2. A: Vista frontal de caja modelo Ailton-Fontana modificado para la crianza de *S. mexicana*. B: Partes de la caja Ailton-Fontana modificado, de izquierda a derecha: tapa, techo, alzas, caja y pared posterior. Foto: H.R. Salazar-Vargas.

1.2.5 Multiplicación artificial de colonias

Una de las principales prácticas que lleva a cabo el meliponicultor es la multiplicación artificial de sus colonias madres. En general esta práctica consiste en transferir una parte del nido de la colonia madre a una mancuerna o caja racional, esto con la finalidad de incrementar el número de colonias en el meliponario. El éxito o fracaso de esta práctica depende de varios factores asociados al tipo de caja y al manejo durante y posterior a la transferencia del nido. El incremento de colonias a través de esta práctica beneficia a los involucrados en este sector (Halcroft *et al.*, 2013).

En base a los estudios reportados hasta la fecha, son cuatro los métodos para la multiplicación de colonias de abejas sin aguijón. El primero es la transferencia (Figura 1.2.5.1) de los nidos silvestres alojados en troncos. Estos son extraídos y transferidos a mancuernas o cajas racionales (Quijano *et al.*, 2008), de una colonia madre se pueden formar hasta dos colonias hijas.



Figura 1.2.5.1. Método de transferencia para la multiplicación de abejas sin aguijón alojadas en troncos de árboles. Fuente: Elaboración propia. Foto: J.A. Pérez-Sato y H.R. Salazar-Vargas.

El segundo método es la división (Figura 1.2.5.2) de colonias que pueden estar alojadas en mancuernas o cajas racionales. Consiste en transferir la mitad de los panales de cría de una colonia madre a una nueva cavidad artificial (caja racional, olla de barro, etc.).



Figura 1.2.5.2. Método de división para la multiplicación de abejas sin aguijón. A: Método tradicional para colonias alojadas en mancuernas. B: Método para colonias alojadas en cajas modelo Portugal-Araujo. Fuente: Elaboración propia. Foto: H.R. Salazar-Vargas.

El tercer método es conocido como el método de duplicación o Education Method (Dollin, 2001) (Figura 1.2.5.3). Esta es una técnica australiana no invasiva que consiste en adaptar una caja racional con dos orificios: uno en la parte anterior y otro en la parte posterior. El orificio de la parte posterior de la caja se conecta utilizando un tubo al orificio de entrada de una colonia madre. Es necesario remover el tubo de entrada de la colonia madre y colocarlo en el orificio de entrada de la caja para promover la entrada y salida de las abejas y que a través del tiempo ellas construyan un nuevo nido a partir de la colonia madre.



Figura 1.2.5.3. Método de duplicación para la división artificial de abejas sin aguijón alojadas en troncos, sin dañar el árbol y la colonia madre. Fuente: Elaboración propia. Foto: H.R. Salazar-Vargas.

Finalmente, el método de reunión (Figura 1.2.5.4) consiste en obtener de uno a dos panales de cada una de las colonias madre con las que se cuente, para reunir mínimo de 5 a 6 panales y colocarlos en una nueva cavidad artificial.



Figura 1.2.5.4. Método de reunión para la multiplicación de abejas sin aguijón. Fuente: Elaboración propia. Foto: H.R. Salazar-Vargas.

A excepción del método de duplicación en todos los métodos, durante las primeras semanas la colonia queda vulnerable a los factores ambientales y a enemigos naturales debido a que las estructuras del nido son destruidas y las nuevas colonias quedan con un tamaño de población reducido.

1.2.6 Factores que afectan la multiplicación artificial de colonias

Cuando se lleva a cabo el proceso de multiplicación artificial, la nueva colonia o colonia hija estará en un estado de vulnerabilidad por un periodo de tiempo (Lóriga *et al.*, 2015). Los

factores que influyen están relacionados con el manejo de la colonia (Jaffé *et al.*, 2015; Meikle *et al.*, 2015) como son la cantidad de panales de cría que forman la nueva colonia (Arzaluz *et al.*, 2002), su alimentación artificial durante el periodo de adaptación (Sánchez *et al.*, 2008), plagas (De Oliveira *et al.*, 2013) y la termorregulación del nido en la nueva cavidad (Vollet-Neto *et al.*, 2011).

De acuerdo a Nunes-Silva *et al.*, (2014) tanto la cantidad de panales de cría y abejas adultas son factores importantes para el desarrollo de la colonia. Para que una nueva colonia hija se desarrolle exitosamente requiere 50 g o más de cría (Arzaluz *et al.*, 2002), una población de abejas adultas y una reina virgen.

La alimentación artificial durante el desarrollo de la nueva colonia es importante; por lo que durante esta etapa se debe administrar alimento frecuentemente. Una de las formas más fáciles de alimentar artificialmente a una colonia de abejas sin aguijón es suministrándole jarabe de azúcar o miel de *Apis mellifera* L. De acuerdo a González (2008) el alimento se deposita en los potes de alimentación o en recipientes artificiales elaborados de cera y resina, o de utensilios elaborados de plástico (Figura 1.2.6.1).



Figura 1.2.6.1. Alimentación artificial para abejas sin aguijón. A: Taparroasca de refresco como recipiente para alimentación. B: Recipiente con polen. C: Recipiente con miel de abeja europea. D y E: Alimentación a colonias alojadas en cajas racionales. Foto: H.R. Salazar Vargas.

Una de las plagas que ataca a las colonias de abejas durante el periodo de la división artificial es la mosca del género *Pseudohyocera* (Diptera, Phoridae) (De Oliveira *et al.*, 2013). Las moscas adultas, después de aparearse invaden a la nueva colonia de abejas y depositan sus huevecillos en el escutelo o el área donde se almacena el polen. La larva migra principalmente al área de cría en donde se alimenta especialmente de miel y polen (Porter, 1998); posteriormente dicha larva se transforma en pupa y finalmente emerge como adulto (Figura 1.2.6.2). La mosca completa su ciclo biológico en un lapso aproximado de 9 días (Robroek *et al.*, 2003).

Las nuevas colonias de abejas obtenidas a través de la división artificial son más proclives al ataque de plagas debido a que las estructuras del nido que actúan como una barrera física para impedir el acceso directo de la mosca a los panales de cría se encuentran destruidas (Roubik, 2006). Una nueva colonia de abejas recién transferidas a una nueva cavidad artificial, puede perecer si no se llevan a cabo el control de la mosca durante los primeros días en que la división artificial ocurre, el uso de trampas internas con atrayentes como el ácido acético (Figura 1.2.6.3) y limpieza de la caja durante las inspecciones son los métodos de control frecuentemente utilizados (De Oliveira *et al.*, 2013).



Figura 1.2.6.2. Ciclo biológico de la mosca *Pseudohypocera* spp. A: Huevo. B: Larva C: Pupa D: Adulto. Foto: J. A. Pérez-Sato y H.R. Salazar-Vargas.



Figura 1.2.6.3. A y B: Control de mosca con el uso de trampa y atrayente a base de ácido acético al 5%. C: Captura de mosca adulta utilizando trampa. Foto: J. A. Pérez-Sato y H.R. Salazar-Vargas.

Finalmente, otro de los principales factores que afecta el desarrollo de una nueva colonia obtenida a través de la multiplicación artificial, es su capacidad para mantener una termorregulación adecuada de su nido. La termorregulación del nido de las abejas, de manera natural o artificial depende de mecanismos pasivos y activos.

Anidar en espacios cerrados o cavidades bien protegidas es un mecanismo pasivo ya que proporciona aislamiento al nido, contribuyendo a retener el calor metabólico y controlar los cambios bruscos de temperatura del ambiente (Jones y Oldroyd, 2006; Quezada-Euán, 2005). La arquitectura del nido es otro de los mecanismos pasivos, por lo que el batumen, los potes de almacenamiento y el involucro desarrollan un papel en el control de la temperatura. El batumen al ser una mezcla entre cerumen y resina tiene una consistencia dura y sirve para revestir la cavidad y sellar espacios. Inmediatamente después de esta estructura se encuentra el área de almacenamiento compuesta por potes de miel y polen, su posición estratégica; al cubrir el área de cría sugiere que este juega un papel en la termorregulación. Se ha determinado que la temperatura del nido es más variable en colonias sin reservas que en colonias con reservas de alimento (Quezada-Euán, 2005). El involucro recubre toda el área de cría y está organizado en finas capas en forma de laberinto o pasadizos, produciéndose en mayor cantidad en climas con temperaturas bajas, este cumple la función de contener el calor metabólico producido por las abejas adultas (Jones y Oldroyd, 2006; Roubik, 2006; Cortopassi-Laurino y Nogueira-Neto, 2003).

Además de los mecanismos pasivos, existen los llamados mecanismos activos que también controlan las bajas y altas temperaturas del nido. Cuando la temperatura del nido desciende, un grupo de abejas aletean en el área de cría para generar calor. En el caso de que la temperatura del nido ascienda, el aleteo de las abejas en dirección hacia la salida permite un intercambio de aire (Jones y Oldroyd, 2006).

LITERATURA CITADA

- Arzaluz A., Obregon F., and Jones R. 2002. Optimum brood size for artificial propagation of the stingless bee, *Scaptotrigona mexicana*. *Journal of Apicultural Research*, 41(1-2), 62–63.
- Ayala R. 1999. Revisión de las abejas sin Aguijón de México (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Fol. Entom. Mex.*, 106.
- Ayala R., González V. H., and Engel M. S. 2013. Mexican Stingless Bees (Hymenoptera: Apidae): Diversity, Distribution, and Indigenous Knowledge. In: P. Vit, S. R. M. Pedro, and D. Roubik (Eds.), *Pot-Honey* (pp. 135–152). New York, NY: Springer New York. Recuperado a partir de http://link.springer.com/10.1007/978-1-4614-4960-7_9
- Brown J. C., and Albrecht, C. 2001. The effect of tropical deforestation on stingless bees of the genus *Melipona* (Insecta: Hymenoptera: Apidae: Meliponini) in central Rondonia, Brazil. *Journal of Biogeography*, 28(5), 623–634.
- Byrne A., and Fitzpatrick Ú. 2009. Bee conservation policy at the global, regional and national levels. *Apidologie*, 40(3), 194–210. <http://doi.org/10.1051/apido/2009017>
- Camargo J. M. F., and Posey D. A. 1990. Knowledge of the Kayapo on stingless social bees (Meliponidae, Apidae, Hymenoptera). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Nova Série, Zoologia*, 6(1), 17–42.
- Cane J. H. 2008. A native ground-nesting bee (*Nomia melanderi*) sustainably managed to pollinate alfalfa across an intensively agricultural landscape. *Apidologie*, 39(3), 315–323. <http://doi.org/10.1051/apido:2008013>
- Cano-Contreras E. J., Martínez-Martínez C. y Balboa-Aguilar, C. C. 2013. La “abeja de monte” (Insecta: Apidae, meliponini) de los choles de Tacotalpa, Tabasco: Conocimiento local, presente y futuro. *Etnobiología*, 11(2), 47–57.
- Cepeda, O. I. 2006. Division of labor during brood production in stingless bees with special reference to individual participation. *Apidologie*, 37(2), 175–190. <http://doi.org/10.1051/apido:2006018>
- Cortopassi-Laurino M., Imperatriz-Fonseca V. L., Roubik D. W., Dollin A., Heard T., Aguilar I., and Nogueira-Neto P. 2006. Global meliponiculture: challenges and opportunities. *Apidologie*, 37(2), 275–292. <https://doi.org/10.1051/apido:2006027>

- Cortopassi-Laurino, M., and Nogueira-Neto, P. 2003. Acta Amazonica - Notes on the bionomy of The stingless bee *Tetragonisca weyrauchi* Schwarz, 1943 (Apidae, Meliponini). Acta Amazonica, 33(4). Recuperado a partir de http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0044-59672003000400011&script=sci_arttext
- De Oliveira A. P. M., Venturieri G. C., Contrera F. A. L. 2013. Body size variation, abundance and control techniques of *Pseudohylocera kerteszi*, a plague of stingless bee keeping. Bulletin of Insectology, 66(2), 203–208.
- Dollin A. 2001. Natural hive duplication An Alternative Method of Propagating Australian Stingless Bees. Australian Native Bee Research Centre. Aussie Bee online. 3p.
- Fontana A. 2014. Meliponicultura em Foco: Caixa Inteligente Modelo AF - Ailton Fontana. Recuperado el 17 de noviembre de 2016, a partir de http://melipofoco.blogspot.mx/2014/11/caixa-inteligente-modelo-af-ailton_1.html
- Freitas B. M., Imperatriz-Fonseca V. L., Medina L. M., Kleinert A. de M. P., Galetto L., Nates Parra G., and Quezada-Euán J. J. G. 2009. Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. Apidologie, 40(3), 332–346. <http://doi.org/10.1051/apido/2009012>
- Galindo L. J. C., and Kraus F. B. 2009. Cherchez la femme? Site choice of drone congregations in the stingless bee *Scaptotrigona mexicana*. Animal Behaviour, 77(5), 1247–1252. <http://doi.org/10.1016/j.anbehav.2009.01.034>
- González-Acereto J. 2008. Cría y Manejo de Abejas Nativas sin Aguijón en México. Mérida, Yucatán, México: Universidad Autónoma de Yucatán-Fundación Produce.
- González-Acereto J. A., Quezada-Euán J. J. G., and Medina-Medina L. 2006. New perspectives for stingless beekeeping in the Yucatan: results of an integral program to rescue and promote the activity. Journal of Apicultural Research, 47(3), 234–239. <http://doi.org/10.3896/IBRA.1.45.4.14>
- Guzmán-Díaz M., Balboa C., Vandame R., Albores M. L., y González-Acereto J. 2011. Manejo de las abejas nativas sin aguijón en México. El Colegio de la Frontera Sur. Recuperado a partir de <http://files.proadesch.webnode.mx/200000842-4e3ab4f34c/ECO%20Manual%20meliponicultura%202011ecosur.pdf>

- Halcroft M. T., Spooner-Hart R., Haigh A. M., Heard T. A., and Dollin A. 2013. The Australian stingless bee industry: a follow-up survey, one decade on. *Journal of Apicultural Research*, 52(2), 1–7. <http://doi.org/10.3896/IBRA.1.52.2.01>
- Heard T. A. 1999. The role of stingless bees in crop pollination. *Annual review of entomology*, 44(1), 183–206.
- Imperatriz-Fonseca V. 2002. Best management practices in agriculture for sustainable use and conservation of pollinators. Agreement FAO-Sao Paulo University. 1-32 pp.
- Imperatriz-Fonseca V. L., and Zucchi R. 1995. Virgin queens in stingless bee (Apidae, Meliponinae) colonies: a review. *Apidologie*, 26(3), 231–244.
- Jaffé R., Pope N., Carvalho A. T., Maia U. M., Blochtein B., de Carvalho C. A. L., and Imperatriz-Fonseca V. L. 2015. Bees for Development: Brazilian Survey Reveals How to Optimize Stingless Beekeeping. *PLOS ONE*, 10(3), e0121157. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0121157>
- Jones J. C., and Oldroyd, B. P. 2006. Nest Thermoregulation in Social Insects. En *Advances in Insect Physiology* (Vol. 33, pp. 153–191). Elsevier. Recuperado a partir de <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0065280606330032>
- Kelly N., Farisya M. S. N., Kumara T. K., and Marcela, P. 2014. Species Diversity and External Nest Characteristics of Stingless Bees in Meliponiculture. *Pertanika J. Trop. Agric. Sci*, 37(3), 293–298.
- Koser J. R., Francisco F. D. O., and Moretto, G. 2014. Genetic Variability of Stingless Bees *Melipona mondury* Smith and *Melipona quadrifasciata* Lepeletier (Hymenoptera: Apidae) from a Meliponary. *Sociobiology*, 61(3). <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v61i3.313-317>
- Lóriga Peña, W., Álvarez López, D., Fonte Carballo, L., y Demedio Lorenzo, J. 2015. Población inmadura y reservas de alimentos en colonias naturales de *Melipona beecheii* Bennett (Apidae: Meliponini) como factores básicos para su salud. *Revista de Salud Animal*, 37(1), 47–51.
- Macías-Macías J. O., Quezada-Euán J. J. G., Contreras-Escareño F., Tapia-Gonzalez J. M., Moo-Valle H., and Ayala, R. 2011. Comparative temperature tolerance in stingless bee species from tropical highlands and lowlands of México and implications for their conservation (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Apidologie*, 42, 679–689.

- Medina L. M., Hart A. G., and Ratnieks F. L. W. 2009. Hygienic behavior in the stingless bees *Melipona beecheii* and *Scaptotrigona pectoralis* (Hymenoptera: Meliponini). *Genet Mol Res*, 8, 571–576.
- Meikle W. G., Weiss M., and Stilwell A. R. 2015. Monitoring colony phenology using within-day variability in continuous weight and temperature of honey bee hives. *Apidologie*. <http://doi.org/10.1007/s13592-015-0370-1>
- Michener, C. D. 2000. *The Bees of the World* 2nd ed. | Entomological Society of America (ESA) (The Johns Hopkins University Press). Baltimore, USA. Recuperado a partir de <http://www.entsoc.org/book-review-bees-world-2nd-ed>
- Nunes-Silva P., Alves D. A., Hilário S. D., Santos-Filho P. de S., and Imperatriz-Fonseca V. L. 2014. A scientific note on the founding and the early growth of new nests of the stingless bee *Plebeia remota*. *Apidologie*, 45(6), 748–751. <http://doi.org/10.1007/s13592-014-0290-5>
- Pisté Mukul M. J. 2011. Caracterización y termorregulación del nido de la abeja sin aguijón *Scaptotrigona mexicana* alojado en cavidades artificiales. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Sihochac, Champoton, Campeche, México.
- Porter S. D. 1998. Host-specific attraction of *Pseudacteon flies* (Diptera: Phoridae) to fire ant colonies in Brazil. *Florida Entomologist*, 423–429.
- Quezada-Euán J. J. 2005. *Biología y uso de las abejas sin aguijón de la península de Yucatán, México* (Hymenoptera: Meliponini) (Vol. 16). Mérida, México: Universidad Autónoma de Yucatán.
- Quezada-Euán J. J. G., de Jesús May-Itzá, W., and González-Acereto, J. A. 2001. Meliponiculture in Mexico: problems and perspective for development. *Bee World*, 82(4), 160–167. <http://doi.org/10.1080/0005772X.2001.11099523>
- Quijano E., González-Acereto J., Quezada-Euán J. J. G. 2008. Desarrollo de divisiones de colonias de *Melipona beecheii* (Hymenoptera, Meliponini) a partir de tres tamaños de población. *Bioagrociencias*, 1(1), 4–11.
- Ramírez-Arriaga E., and Martínez-Hernández E. 2007. Melitopalynological Characterization of *Apis mellifera* L. (Apidae: Apini) Honey Samples in Northern Puebla State, México. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 80(4), 377–391. [http://doi.org/10.2317/0022-8567\(2007\)80\[377:MCOSMG\]2.0.CO;2](http://doi.org/10.2317/0022-8567(2007)80[377:MCOSMG]2.0.CO;2)

- Robroek B. J., de Jong H., Arce H., and Sommeijer M. J. 2003. The development of *Pseudohyocera kerteszi* (Diptera, Phoridae), a kleptoparasite in nests of stingless bees (Hymenoptera, Apidae) in Central America. In: Proceedings of the section experimental and applied entomology-netherlands entomological society (Vol. 14, pp. 71–74).
- Roubik D. W. 2006. Stingless bee nesting biology. *Apidologie*, 37(2), 124–143. <http://doi.org/10.1051/apido:2006026>
- Sánchez D., Nieh J. C., Vandame R. 2008. Experience-based interpretation of visual and chemical information at food sources in the stingless bee *Scaptotrigona mexicana*. *Animal Behaviour*, 76(2), 407–414. <http://doi.org/10.1016/j.anbehav.2008.04.003>
- Sánchez D., Nieh J., Hnaut Y., Cruz L., Vandame R. 2004. High precision during food recruitment of experienced (reactivated) foragers in the stingless bee *Scaptotrigona mexicana* (Apidae, Meliponini). *Naturwissenschaften*, 91(7). <http://doi.org/10.1007/s00114-004-0536-6>
- Simeunovic P., Stevanovic J., Cirkovic D., Radojicic S., Lakic N., Stanisic L., and Stanimirovic Z. 2014. *Nosema ceranae* and queen age influence the reproduction and productivity of the honey bee colony. *Journal of Apicultural Research*, 53(5), 545–554. <http://doi.org/10.3896/IBRA.1.53.5.09>
- Slaa E. J., Sánchez Chaves L. A., Malagodi-Braga K. S., and Hofstede F. E. 2006. Stingless bees in applied pollination: practice and perspectives. *Apidologie*, 37(2), 293–315. <http://doi.org/10.1051/apido:2006022>
- Torres A., Hoffmann W., and Lamprecht I. 2007. Thermal investigations of a nest of the stingless bee *Tetragonisca angustula* Illiger in Colombia. *Thermochimica Acta*, 458(1-2), 118–123. <http://doi.org/10.1016/j.tca.2007.01.024>
- Van Veen J. W. and Sommeijer M. J. 2000. Colony reproduction in *Tetragonisca angustula* (Apidae, Meliponini). *Insectes sociaux*, 47(1), 70–75.
- Velthuis H. H. W., Koedam D., and Imperatriz-Fonseca, V. L. 2005. The males of *Melipona* and other stingless bees, and their mothers. *Apidologie*, 36(2), 169–185. <http://doi.org/10.1051/apido:2005014>
- Venturieri G., Oliveira R. V. de F., and Barbosa P. C. A. B. 2003. Avaliação da introdução da criação racional de *Melipona fasciculata* (Apidae: Meliponina), entre os

- agricultores familiares de Bragança-PA, Brasil. *Biota Neotropica*, 3(2), 1–7.
Recuperado a partir de <http://www.scielo.br/pdf/bn/v3n2/a03v3n2.pdf>
- Villanueva-Gutiérrez R., Roubik D. W. and Colli-Ucán W. 2005. Extinction of *Melipona beecheii* and traditional beekeeping in the Yucatán peninsula. *Bee World*, 86(2), 35–41.
- Villanueva-Gutiérrez R., Roubik D. W., Colli-Ucán W., Güemez-Ricalde F. J., and Buchmann S. L. 2013. A critical view of colony losses in managed Mayan honey-making bees (Apidae: Meliponini) in the heart of Zona Maya. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 86(4), 352–362.
- Vit P., Pedro S. R. M., and Roubik D. 2013. *Pot-Honey*. New York, NY: Springer New York.
Recuperado a partir de <http://link.springer.com/10.1007/978-1-4614-4960-7>
- Vollet-Neto A., Menezes C., and Imperatriz-Fonseca V. L. 2011. Brood production increases when artificial heating is provided to colonies of stingless bees. *Journal of Apicultural Research*, 50(3), 242–247. <http://doi.org/10.3896/IBRA.1.50.3.09>
- Vollet-Neto A., Menezes C., and Imperatriz-Fonseca V. L. 2014. Behavioural and developmental responses of a stingless bee (*Scaptotrigona depilis*) to nest overheating. *Apidologie*. <http://doi.org/10.1007/s13592-014-0338-6>
- Yáñez-Ordóñez O., Trujano-Ortega M., and Llorente-Bousquets J. 2008. Patrones de distribución de las especies de la tribu meliponini (hymenoptera: apoidea: apidae) en México. *Interciencia*, 33(1), 41–45.

**CAPÍTULO II. MELIPONARIO CAMPUS CÓRDOBA-CP PARA LA
CRIANZA DE LA ABEJA SIN AGUIJÓN (*Scaptotrigona mexicana*), EN LA
ZONA CENTRO DE VERACRUZ, MÉXICO**

Salazar-Vargas, H. R.¹, Pérez-Sato, J.A.¹, Debernardi-De La Vequia, H.^{1*}, Real-Luna, N.¹,
Hidalgo-Contreras J. V.¹, De La Rosa-Santamaría, R.²

¹Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, Km. 348 Carretera Federal Córdoba-Veracruz, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México C.P.94946.

²Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, Km. 3.5 Periférico Carlos A. Molina, Carretera Cárdenas-Huimanguillo, Cárdenas, Tabasco, México C.P. 86500.

debernardi@colpos.mx

RESUMEN

El meliponario es una estructura con un techo, llamada por los mayas como Najil Cab o casa de las abejas. Entre sus funciones destacan: facilitar el manejo, cuidado y protección de las colonias de enemigos naturales y de las condiciones ambientales, principalmente de las fluctuaciones de temperatura y humedad que ponen en riesgo la vida de la colonia. Su ubicación, orientación, y diseño juegan un papel importante para resguardar colonias de abejas, facilitar el manejo de las colonias e incrementar la producción. En el presente trabajo se refiere a un meliponario moderno, diseñado y construido tomando en cuenta el conocimiento tradicional y científico cuya finalidad es lograr una mayor eficiencia en el manejo y resguardo de las colonias de *Scaptotrigona mexicana*, bajo las condiciones climáticas de la zona centro de Veracruz.

Palabras clave: manejo, aprovechamiento, abeja sin aguijón, *Scaptotrigona mexicana*.

ABSTRACT

The meliponary is a structure with a roof, it's called by the Maya as Najil Cab or house of bees. Its functions distinguish: facilitate handling, care and protection of the colonies of natural predators and environmental conditions mostly from fluctuations in temperature and humidity that threaten the life of the colony. Its location, orientation and design, those play an important role for safeguard bee colony, to facilitate handling and increase production colonies. In this paper, it refers to a modern meliponary, designed and built taking into account traditional and scientific knowledge, it's aimed at achieving greater efficiency in the

management and protection of the colonies of *Scaptotrigona mexicana*, under the climatic conditions of the central zone Veracruz.

Key words: handling, exploitation, stingless bee, *Scaptotrigona mexicana*.

2.1 INTRODUCCIÓN

En México, se reportan alrededor de 46 especies de abejas sin aguijón (Ayala, 1999). Estas abejas juegan un papel importante en la polinización de las flores de diversas plantas nativas y cultivos de importancia comercial, por lo que su preservación es de vital importancia para la conservación de nuestros bosques y la producción de alimentos (Brown y Paxton, 2009; Byrne y Fitzpatrick, 2009; Freitas *et al.*, 2009). Existen varias especies que son cultivadas en comunidades indígenas con técnicas tradicionales, generando ingresos económicos permanentes (Ayala *et al.*, 2013), debido a que los componentes de sus nidos (miel, polen, propóleo y cerumen) poseen un alto valor comercial, debido a sus propiedades medicinales y nutritivas.

Entre las especies que han mostrado un alto potencial comercial destaca la *Scaptotrigona mexicana* (Rodríguez-Lázaro, 2015). Esta es una abeja pequeña de color negro (Figura 2.1.1A), que construye sus nidos en los troncos o ramas huecas de los árboles (Figura 2.1.1B) (Roubik, 2006). Su nido se caracteriza por tener una entrada en forma de trompeta, que resguardan varias abejas guardianas (Figura 2.1.1A y C).



Figura 2.1.1. A: Abejas sin aguijón *S. mexicana* en tubo de entrada. B: Colonia de abeja sin aguijón *S. mexicana* habitando de forma natural en el hueco del tronco de un árbol. C: Tubo de entrada en tronco de árbol. Foto: J.A. Pérez-Sato.

La miel, polen, propóleo y cerumen almacenado en el nido de *S. mexicana* tiene un alto valor medicinal, nutricional y cultural; por lo que culturas ancestrales generaron el conocimiento y técnicas para el manejo de esta abeja, actividad conocida como meliponicultura (González-Acereto, 2008). En México, los Totonacas y Náhuas de la sierra norte de Puebla, San Luís Potosí y el estado de Veracruz cultivan *S. mexicana*, con el método ancestral de uso de ollas

de barro denominadas “mancuernas” (Figura 2.1.2A). En la Huasteca Potosina y en la Costa del Estado de Chiapas, estas abejas son llamadas “Congo negro” y son alojadas en cajas de madera (Figura 2.1.2B) (Obregón-Hernández, 2000).



Figura 2.1.2. A: Meliponicultora totonaca de la Sierra Norte de Puebla cultivando a *S. mexicana* con el método tradicional. B: El uso de cajas de madera es más común en la Región del Soconusco del estado de Chiapas. Foto: J.A. Pérez-Sato.

Los meliponarios pueden clasificarse como rústicos y modernos. Los tipos rústicos (Figura 2.1.3) ocupan las paredes exteriores de las casas; por ejemplo, en la Sierra Nororiental de Puebla, se ocupa preferentemente la pared del lado Sur de la casa, para resguardar las colonias alojadas en ollas de barro, y protegerlas sobre todo de los vientos del Norte.



Figura 2.1.3. Meliponarios rústicos de la Sierra Norte de Puebla, Municipio de Cuetzalan, Puebla. Foto: J.A. Pérez-Sato.

Los meliponarios modernos (Figura 2.1.4) para *S. mexicana* son muy variables; son contruidos con materiales diversos y con diseños que integran el conocimiento tradicional y científico generado por expertos en abejas (González-Acereto *et al.*, 2006; Guzmán-Díaz *et al.*, 2011; Villanueva-Gutiérrez y Colli-Ucán, 2011;). Estos deben resguardar las colonias de abejas, facilitar su manejo e incrementar la producción de las colonias (Cortopassi-Laurino *et al.*, 2006).



Figura 2.1.4. Meliponarios modernos para la crianza de *S. mexicana*, localizados en Cuetzalan, Puebla (A), en la Tosepan, Puebla (B), en el Campus Córdoba del Colegio de Postgraduados (C y D). Foto: J.A. Pérez-Sato.

Los factores a considerar en el diseño y construcción de un meliponario moderno son: el número de colonias a alojar, los modelos de cajas utilizadas, el lugar para su ubicación, su orientación de acuerdo a las condiciones climáticas, y los materiales disponibles para su construcción. Con base en esto, en el Campus Córdoba del Colegio de Postgraduados se construyó un meliponario (Figura 2.1.5), como una propuesta para la meliponicultura de la zona centro de Veracruz.



Figura 2.1.5. A: Vista lateral de meliponario Campus Córdoba-CP sin cajas. B: Vista lateral de meliponario Campus Córdoba-CP con colonias de *S. mexicana* alojadas en caja. C: Vista frontal lado norte del meliponario Campus Córdoba-CP sin cajas. D: Vista angular de meliponario Campus Córdoba-CP con colonias de *S. mexicana* en caja. Foto: H.R. Salazar-Vargas.

Las partes principales del meliponario del Campus Córdoba-CP son: piso, estructura de soporte, techo y estantes. La Figura 2.1.6 muestra los detalles constructivos del meliponario y las medidas de cada uno de sus componentes.

El piso (Figura 2.1.7) cuenta con un pasillo en la parte central que favorece el manejo de las colonias y límites perimetrales donde se relleno con grava y tezontle para reducir salpicaduras por agua de lluvia (Villanueva-Gutiérrez y Colli-Ucán, 2011).

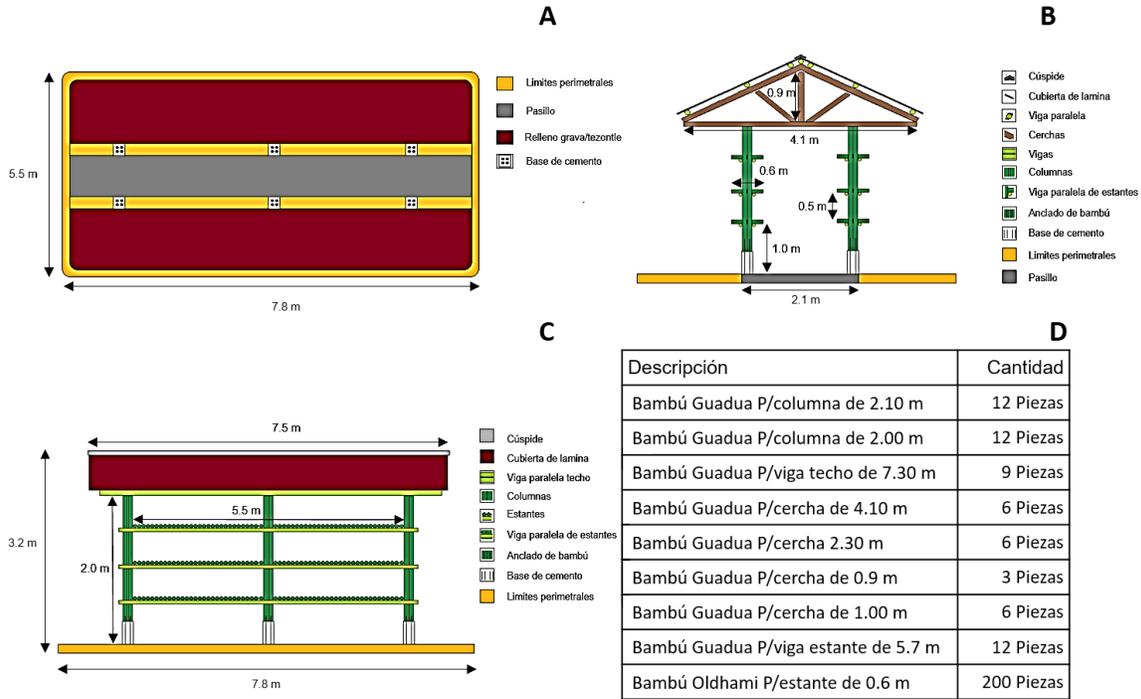


Figura 2.1.6. A: Vista aérea de piso. B: Vista lateral de piso, estructura de soporte tipo Pratt, cubierta del techo, columnas y estantes. C: Vista frontal de piso, columnas, estantes y techo. D: Longitud de las piezas de bambú para estructura de soporte tipo Pratt y estantes. Fuente: Elaboración propia.



Figura 2.1.7. A: Espacio para la construcción de piso, bosque comestible. B: Preparación de terreno. C: Construcción de límites perimetrales. D: Construcción de postes. E: Construcción de pasillo. F: Piso, postes y límites perimetrales terminados. Foto: H. R. Salazar-Vargas.

La estructura de soporte del techo (Figura 2.1.8) se diseñó con una configuración de vigas tipo Pratt (Figura 2.1.8A, C y D) (Neufert *et al.*, 2007), cuyas cerchas soportan cargas axiales y le dan consistencia para resistir vientos, cubriendo con lámina acanalada (Figura 2.1.8E y F), para proteger a las colonias de los rayos solares y de la lluvia (Baquero y Stamatti, 2007; Vollet-Neto *et al.*, 2015). Las cerchas están sostenidas por seis columnas de bambú anclados a una base de cemento (Figura 2.1.8B), que en su encuentro con el piso del pasillo, presentan una canaleta de 5 cm de ancho x 5 cm de profundidad para el control de insectos, tales como hormigas (Baquero y Stamatti, 2007).

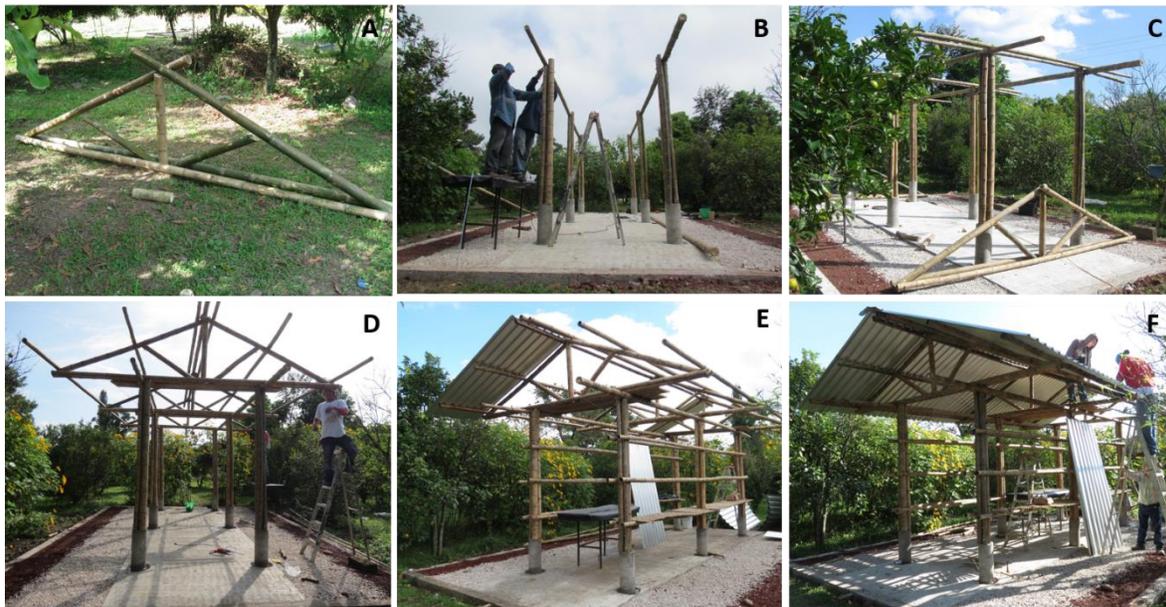


Figura 2.1.8. A: Viga tipo Pratt. B: Ensamble de columnas. C: Ensamble de vigas. D: Ensamble de vigas tipo Pratt. D y E: Ensamble de lámina acanalada. Foto: H. R. Salazar-Vargas.

En las columnas se instalaron vigas paralelas (Figura 2.1.9A) donde se construyeron seis estantes (Figura 2.1.9B y C), para colocar modelos de cajas tecnificadas de madera como la Portugal-Araujo (Pérez-Sato *et al.*, 2013; González-Acereto, 2008) o bien el modelo Ailton-Fontana (Fontana, 2013). Cada estante tiene una capacidad para 12 cajas modelo Ailton-Fontana modificada, dado que son de mayores dimensiones (39 cm de alto x 24.5 cm de ancho x 22.5 cm de fondo), por lo que se tomaron como referencia para determinar el largo y alto del meliponario.

La cantidad inicial de colonias y la proyección productiva, sirven de referencia para estimar las necesidades de espacio en un meliponario (Baquero y Stamatti, 2007; Guzmán-Díaz *et al.*, 2011; Cano-Contreras *et al.*, 2013). Se han diseñado meliponarios para proteger hasta 96 colonias de *S. mexicana* alojadas en mancuernas de ollas de barro (Guzmán-Díaz *et al.*, 2011). El meliponario Campus Córdoba-CP está diseñado para resguardar 72 colonias de *S. mexicana*.



Figura 2.1.9. A: Ensamble de vigas paralelas en columnas. B y C: Ensamble de planchado de bambú para estantes. Foto: H. R. Salazar-Vargas.

Se recomienda ubicar los meliponarios en áreas que cuenten con una gran diversidad de plantas melíferas (Baquero y Stamatti, 2007), con la finalidad de proporcionar alimento a las abejas en diferentes épocas del año, y evitar que recorran distancias grandes para recolectar recursos (Biesmeijer y Slaa, 2004). En caso de un reducido número de plantas, se recomienda sembrar especies de rápido crecimiento y alta producción de néctar (Enríquez *et al.*, 2006; Guzmán-Díaz *et al.*, 2011).

El meliponario Campus Córdoba-CP fue establecido dentro del bosque de plantas comestibles (Figura 2.1.10A), ubicado en el área de Permacultura. Esta área cuenta con una gran diversidad de plantas melíferas como: carambolo (*Averrhoa carambola*), cocuite (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp.), durazno (*Prunus pérsica*), guanábana (*Annona muricata*), jaboticabo (*Plinia cauliflora*), jonote (*Heliocarpus appendiculatus* Turcz.), limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka), litchi (*Litchi chinensis*), mandarina (*Citrus reticulata*), nanche (*Byrsonima crassifolia*), naranja agria (*Citrus × aurantium*), naranja dulce (*Citrus × sinensis*), nuez de macadamia (*Macadamia ternifolia*), palocote (*Tithonia tubiformis* (Jacq.) Cass.), pera de la india (*Syzygium malaccense* (L.)), vainilla (*Vanilla*), xochicuahuatl (*Cordia*

alliodora). Además, muy próximo al meliponario se encuentra el huerto biointensivo (Figura 2.1.10B), donde se cultivan una gran diversidad de plantas de polinización abierta que brindan néctar y polen a las abejas.

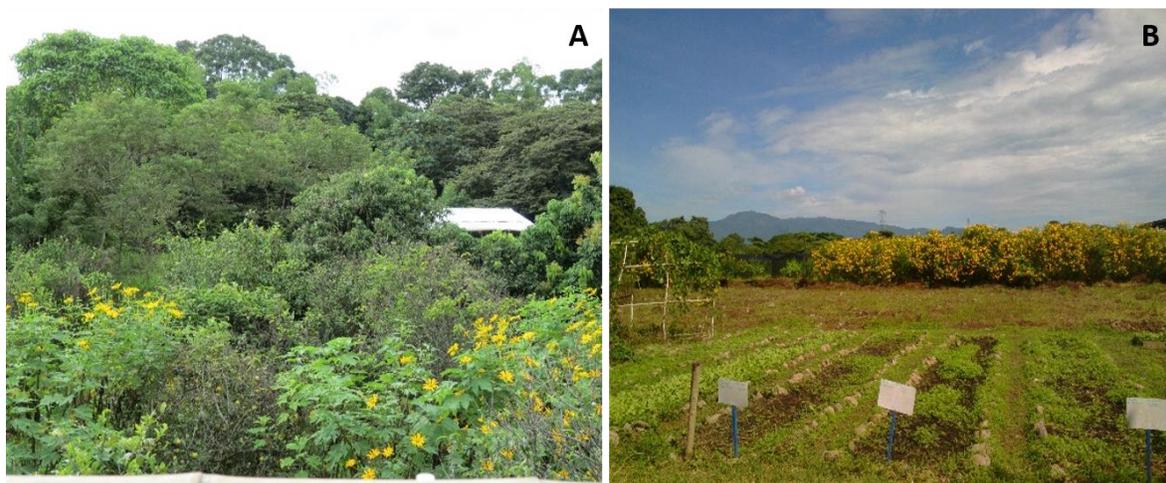


Figura 2.1.10. A: Bosque comestible. B: Huerto. Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, Área Permacultura. Foto: H.R. Salazar-Vargas.

Un meliponario debe ubicarse cerca de la vivienda para brindar los cuidados necesarios a las colonias, y alejado de fuentes de contaminación u olores fuertes como: basureros, desagües, fábricas o criaderos de animales (Baquero y Stamatti, 2007). Se deben considerar fuentes de agua limpia, limpieza y mantenimiento en general del lugar (Kwapong *et al.*, 2010) así como evitar el uso de agroquímicos en áreas aledañas y cercanas al meliponario (Ceballos-Loeza, 2015).

El meliponario Campus Córdoba-CP se diseñó y construyó con dos vistas frontales una orientada al Norte y otra al Sur. Estas posiciones brindan temperaturas favorables a las colonias (Macias-Macias *et al.*, 2014), permite que las entradas de las cajas reciban los primeros o últimos rayos del sol y favorece que las obreras salgan a pecorear más tiempo durante el día (Guzmán-Díaz *et al.*, 2011). La orientación del meliponario Campus Córdoba-CP considera dos factores importantes la dirección de los vientos dominantes que provienen del Sureste, Oeste y Noroeste (Pérez-Sato *et al.*, 2016) y la trayectoria del sol, la cual es variable a lo largo del año (Lara-Montiel y Fierro, 2008). Para brindar extra protección al meliponario de los vientos; se colocó una barrera natural rompe vientos con plantas de gigantón o palocote (*Tithonia tubiformis* (Jacq.) Cass.).

En la construcción de un meliponario, los materiales a utilizar constituyen otro factor de relevancia. Se recomienda que estos sean de la zona, para reducir costos (Manzo-Gutiérrez, 2009). Para la construcción del meliponario del Campus Córdoba-CP se utilizó bambú guadua (*Guadua angustifolia*) y bambú oldhamii (*Bambusa oldhamii*), que son comúnmente cultivados en la región y tienen una gran resistencia y durabilidad (Husri *et al.*, 2015). Para obtener el bambú con estas características es necesario cortarlo y secarlo (Figura 2.1.11) siguiendo las indicaciones de Ordoñez *et al.*, (2002). Para el cortado de las piezas es necesario contar con las siguientes máquinas y herramientas: motosierra, cinta larga de fibra de vidrio tipo cruceta, serrucho y sierra de dentado fino con ingletadora telescópica. Otros materiales utilizados en la construcción del meliponario fueron: cemento, grava, tezontle, lámina galvanizada acanalada, taladro, broca de 3/8 de pulgada, varilla roscada de 3/8 pulgada, pintura, tinta y brillo. Para el acabado de la estructura de bambú se limpió en seco, se barnizó con tinta al aceite color nogal y se le dio brillo. Para el acabado del piso, se pintaron los límites perimetrales y las bases de los postes con pintura vinílica blanca.



Figura 2.1.11. A: Corte de bambú. B: Piezas de bambú con medidas específicas. Foto. H. R. Salazar-Vargas.

El costo total de los materiales del meliponario Campus Córdoba-CP fue de \$15,674.00; este costo puede reducirse si se eliminan materiales como el cemento y el relleno con grava y tezontle.

2.2 CONCLUSIÓN

El diseño y construcción de un meliponario moderno es fundamental para el manejo eficiente, cuidado y resguardo de las colonias de abejas sin aguijón *S. mexicana*. Su construcción debe

estar apegada al conocimiento tradicional y científico, para que cumpla las funciones requeridas. Debe estar ubicado cerca de plantas con abundante flujo de néctar y polen, y cerca de la vivienda para proporcionar a las colonias los cuidados requeridos. Su orientación debe evitar condiciones ambientales y climáticas desfavorables tales como corrientes de aire, y permitir a las colonias resguardadas recibir los primeros rayos de sol, para incrementar el periodo de pecoreo de las abejas. Los materiales para su construcción deben ser regionales, para disminuir los costos de construcción y producción. Para la zona centro de Veracruz se recomienda utilizar bambú, en la construcción de los meliponarios, ya que su cultivo es económico y con un buen manejo al momento de su cosecha y secado éste material es durable y resistente, lo cual lo convierte en una alternativa sustentable. Los costos del meliponario se reducen aún más si se prescinde de materiales como el cemento, el tezontle y la grava utilizados en el piso.

LITERATURA CITADA

- Ayala, R. 1999. Revisión de las abejas sin Aguijón de México (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Fol. Entom. Mex.*, 106.
- Ayala R., González V. H., and Engel M. S. 2013. Mexican Stingless Bees (Hymenoptera: Apidae): Diversity, Distribution, and Indigenous Knowledge. En Vit P., Pedro S. R. M., Roubik D. *Pot- Honey*. Ed. Springer New York. pp. 135–152.
- Baquero L., and Stamatti G. 2007. Cría y manejo de abejas sin aguijón. Ed. Subtrópico. Argentina. 38 p.
- Biesmeijer J. C., and Slaa E. J. 2004. Information flow and organization of stingless bee foraging. *Apidologie*, 35(2): 143–157.
- Brown M. J. F., and Paxton R. J. 2009. The conservation of bees: a global perspective. *Apidologie*, 40(3), 410–416.
- Byrne A., and Fitzpatrick Ú. 2009. Bee conservation policy at the global, regional and national levels. *Apidologie*, 40(3), 194–210.
- Cano-Contreras E.J., Martínez-Martínez C., y Balboa-Aguilar C.C. 2013. La “abeja de monte” (Insecta: Apidae, Meliponini) de los choles de Tacotalpa, Tabasco: Conocimiento local, presente y futuro. *Etnobiología*, 11(2): 47-45.
- Ceballos-Loaeza A. 2015. Experiencias sobre la Cría, Manejo y reproducción de la abeja Xunancab o Kolelkab en Yucatán. In: IX Congreso Mesoamericano sobre abejas nativas.
- Cortopassi-Laurino M., Imperatriz-Fonseca V. L., Roubik D. W., Dollin A., Heard T., Aguilar I., and Nogueira-Neto P. 2006. Global meliponiculture: challenges and opportunities. *Apidologie*, 37(2), 275–292.
- Enríquez E., Yurrita C., y Dardón M.J. 2006. Manual de Meliponicultura: Biología y reproducción de abejas nativas sin aguijón. Ed. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 51 p.
- Fontana, A. 2013. ABELHA JATAÍ TRANSFERENCIA PARA CAIXA - YouTube. Recuperado el 22 de enero de 2016, a partir de <https://www.youtube.com/watch?v=z9WLIS5R6hQ>

- Freitas B. M., Imperatriz-Fonseca V. L., Medina L. M., Kleinert A. de M. P., Galetto L., Nates-Parra G., and Quezada-Euán J. J. G. 2009. Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. *Apidologie*, 40(3): 332–346.
- González-Acereto J. A., Quezada-Euán J. J. G., and Medina-Medina L. 2006. New perspectives for stingless beekeeping in the Yucatan: results of an integral program to rescue and promote the activity. *Journal of Apicultural Research*, 47(3), 234–239.
- González-Acereto, J.A. 2008. Cría y manejo de abejas nativas sin aguijón en México. Ed. Universidad Autónoma de Yucatán. México. 165 p.
- Guzmán-Díaz M.A., Balboa-Aguilar C.C., Vandame R., Albores-González M.L., and González-Acereto J.A. 2011. Manejo de las abejas nativas sin aguijón en México. Ed. El Colegio de la Frontera Sur. México. 68 p.
- Husri Z., Rashid M. S. A., Said S., and Kamisan, R. 2015. Bamboo Modular System (BMS) for New Eco Architecture. En O. H. Hassan, S. Z. Abidin, R. Legino, R. Anwar, M. F. Kamaruzaman. *International Colloquium of Art and Design Education Research (i-CADER 2014)* Ed. Springer. Singapore. pp. 525–539.
- Kwapong P., Aidoo K., Combey R., and Karikari A. 2010. *Stingless Bees A Training Manual for Stingless Beekeeping*. Ed. Unimax. 82 p.
- Lara-Montiel I.T., y Fierro J. 2008. Taller: Modelo para representar la trayectoria del sol sobre el globo terrestre.
- Macías-Macías J. O., Quezada-Euan J., Tapia-Gonzalez J. M., and Conteras-Escareño, F. 2014. Nesting sites, nest density and spatial distribution of *Melipona colimana* Ayala (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) in two highland zones of western, México. *Sociobiology*, 61(4):423-427.
- Manzo-Gutiérrez C.A. 2009. Programa soporte capacitación y asistencia técnica apícola en unidad de producción abeja sin aguijón. 1: 1-15.
- Neufert E., Neufert P., y Neufert C. 2007. *Arte de proyectar en arquitectura*. Ed. Gili. Barcelona. 568 p.
- Obregón Hernández, F. 2000. Propagación y evaluación de la productividad de la abeja nativa *Scaptotrigona mexicana* en la Ribera del Suchiate. Informe final del Proyecto M093. Colegio de la Frontera Sur, Unidad Tapachula, Chiapas, México. 25 p.

- Ordóñez-Candelaria V.R., Mejía-Saulés M.T., y Bárcenas-Pazos G.M. 2002. Manual para la construcción sustentable con bambú. Comisión Nacional Forestal. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 94 p.
- Pérez-Sato J.A., García-García C. G., Salazar-Ortiz J., y García-Albarado J.C. 2013. Tipos de cavidades para la crianza de abejas sin aguijón en la Región de las Altas Montañas del Estado de Veracruz. *Agroentorno*. 35-36.
- Pérez-Sato J.A., Caballero-Sibaja I., Castelán-Cabañas R., Mota-González N., Rojas-Morales M., Sandoval-Galindo L.D., y Solís-Zanotelli F.Y. 2016. Propuesta de diseño del área permacultural en el Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. 53 p.
- Rodríguez-Lázaro A. 2015. El grupo Texochico Sentekitinij en Cuetzalan, Puebla. Un caso de éxito en el cultivo tradicional de la abeja *Pisilnekmej* (*Scaptotrigona mexicana*). In: IX Congreso Mesoamericano sobre abejas nativas.
- Roubik, D. W. 2006. Stingless bee nesting biology. *Apidologie*, 37(2), 124–143.
- Villanueva-Gutiérrez R. y Colli-Ucán W. 2011. Rescate de la meliponicultura en la Zona Maya de Quintana Roo. In: Memorias del VII Seminario Mesoamericano sobre Abejas Nativas. pp 41-44.
- Villanueva-Gutiérrez R., Roubik D. W., Colli-Ucán W., Güemez-Ricalde F. J., and Buchmann, S. L. 2013. A critical view of colony losses in managed Mayan honey-making bees (Apidae: Meliponini) in the heart of Zona Maya. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 86(4), 352–362.
- Vollet-Neto A., Menezes C., and Imperatriz-Fonseca V. L. 2015. Behavioural and developmental responses of a stingless bee (*Scaptotrigona depilis*) to nest overheating. *Apidologie*, 46(4):455–464.

CAPÍTULO III. CAJA PARA LA MULTIPLICACIÓN ARTIFICIAL Y PRODUCCIÓN DE MIEL DE ABEJAS SIN AGUIJÓN.

Salazar-Vargas, H. R.¹, Debernardi-De La Vequia, H.^{1*}, Pérez-Sato, J.A.¹, Real-Luna, N.¹,
De La Rosa-Santamaría, R.², Hidalgo-Contreras J. V.¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, Km. 348 Carretera Federal Córdoba-Veracruz, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México C.P.94946.

²Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, Km. 3.5 Periférico Carlos A. Molina, Carretera Cárdenas-Huimanguillo, Cárdenas, Tabasco, México C.P. 86500.

debernardi@colpos.mx

RESUMEN

La invención se refiere a una caja para la multiplicación artificial y producción de miel de abejas sin aguijón para uso comercial, la caja esta manufacturada con triplay en forma de emparedado triplay-Poliestireno expandido (EPS) y/o Poliuretano (PUR)-triplay, que permite la termorregulación al interior de la misma, la caja comprende una tapa frontal fija donde va colocada una trampa para el control de plagas por donde entran las abejas sin aguijón a la cámara de cría, además la caja cuenta con la tapa superior y pared posterior removibles lo que facilita la inspección y la cosecha de miel y polen sin destruir parte del sistema, así como cinco alzas de madera movibles en su interior que permiten un manejo racional de la producción y mantienen la temperatura uniforme al interior de la caja.

3.1 ANTECEDENTES

La presente invención se refiere a una caja para la multiplicación artificial y producción de miel de abejas sin aguijón, más concretamente a una caja con forma de ortoedro o prisma cuadrangular recto, cuyas cuatro paredes laterales alargadas son sustantivamente iguales. La pared posterior es móvil para poder inspeccionar el interior de la colonia, dicha inspección se realiza en cinco alzas o compartimientos de dimensiones iguales elaborados en madera que presentan un fondo de alambre tramado en forma de cruz y con remates angulares de 45°, la cara anterior presenta en su parte inferior al centro un orificio angulado a 45°, en dicho orificio se coloca un tubo con una longitud entre 0 y 0.20 m y con un diámetro comprendido entre 0 y 0.05 m, dicho tubo permite la entrada de las abejas sin aguijón a la cámara de cría, dicho tubo al exterior de la caja presenta una trampa para el control de la mosca (*Pseudohypocera* Spp), las paredes exteriores de dicha caja están manufacturadas con triplay

planchado de madera de cedro (*Cedrela odorata* L.) en su exterior, en su parte media contienen una capa de Poliestireno expandido (EPS) y/o Poliuretano (PUR) y en su parte interna otra capa de triplay planchado de madera de cedro (*C. odorata* L.) unidas entre sí formando un emparedado, triplay-Poliestireno expandido (EPS) y/o Poliuretano (PUR)-triplay.

Dicho prisma presenta en su parte superior una tapa de madera y una sobre-tapa de triplay planchado de madera de cedro (*C. odorata* L.), tal como en las caras laterales presenta en su parte media una capa de Poliestireno expandido (EPS) y/o Poliuretano (PUR) y. finalmente en su interior una capa de triplay planchado de madera de cedro (*C. odorata* L.), la base de la caja es sustantivamente igual a la tapa de la caja, solamente que esta no presenta bordes. El Poliestireno expandido (EPS) y/o Poliuretano (PUR) en dichas paredes tiene un espesor comprendido entre 0 y 0.10 m, y es sustantivamente igual al área de cada una de estas paredes, finalmente el área de las paredes internas de la caja que entra en contacto con las cinco alzas internas presenta un forro de madera de triplay planchado (*C. odorata* L.), tal y como si fuera una caja con forma de prisma cuadrangular recto que tiene una altura entre 0 y 0.70 m y un ancho entre 0 y 0.50 m, dimensiones que podrán variar en función del ambiente, la especie de abejas sin aguijón y del tamaño de la población de la colonia, así mismo los componentes tales como el Poliestireno expandido (EPS) y/o Poliuretano (PUR) que constituyen dicha caja varían en tamaño y dimensiones de la misma manera.

Esta caja ha sido perfeccionada en orden a ser más eficiente la termorregulación para favorecer la multiplicación y producción de miel de abejas sin aguijón.

Lo anterior, debido la disposición del material que constituye dicha caja le confiere una acción termorreguladora que conserva la temperatura interior en un rango de 20° a 40°C, lo que favorece la sobrevivencia y desarrollo de nuevas colonias de abejas sin aguijón, así también incrementa la producción de miel, facilita la cosecha de la misma y la división de colonias, ya que presenta en su interior cinco alzas en forma rectangular fabricadas en madera de pino o cedro. Los materiales tales como el triplay de cedro (*C. odorata* L.), el Poliestireno expandido (EPS) y/o Poliuretano (PUR) además de regular la temperatura al interior de las colonias, hacen que esta caja sea ligera y económica respecto a las que se fabrican actualmente con madera convencional. Lo anterior contribuye al desarrollo de la

meliponicultura, sin afectar la inocuidad alimentaria y favoreciendo el desarrollo rural sustentable.

Dentro del ámbito de las cajas para la multiplicación y producción de miel de abejas sin aguijón una de las soluciones más innovadoras, avanzadas y eficaces consiste en utilizar para su construcción materiales aislantes tales como el triplay, Poliestireno expandido (EPS) y/o Poliuretano (PUR) , que dispuestos en forma de prisma cuadrangular recto, cuyas paredes forman un emparedado (triplay-Poliestireno expandido (EPS) y/o Poliuretano (PUR)-triplay) favorecen la regulación térmica al interior de dicha caja y con ello mejoran las condiciones ambientales al interior de la caja propósito de esta invención.

Los sistemas tradicionales y existentes en el mercado, utilizan materiales tales como el barro, troncos huecos y madera, que no contienen materiales aislantes como el Poliestireno expandido (EPS) y/o Poliuretano (PUR), por lo que actualmente en el mercado no existen cajas termorreguladoras como la que se propone en esta invención.

La caja que la invención propone ha sido concebida para resolver la problemática de termorregulación a plena satisfacción en colonias de abejas sin aguijón, para lo cual centra sus características en el hecho que los materiales como el triplay de cedro, Poliestireno expandido (EPS) y/o Poliuretano (PUR) dispuestos como emparedado, formando una caja en forma de ortoedro o prisma cuadrangular recto, como se ha descrito mantiene regulada la temperatura al interior de la colonia, que es la parte medular del objetivo de esta invención lo cual traerá beneficios a la meliponicultura.

Para complementar la descripción que se está realizando y con el objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de este invento, se acompaña a la presente la descripción como parte integrante de la misma los dibujos y anexos fotográficos en los que con carácter ilustrativo y no limitativo se ha presentado.

3.2 BREVE DESCRIPCIÓN DE FIGURAS

A continuación se presentan las figuras (Figuras 3.2.1 a 3.2.7) que brindan detalles de la invención de caja racional; la cual ofrece ventajas en la termorregulación del nido y el manejo de las abejas sin aguijón *S. mexicana*.

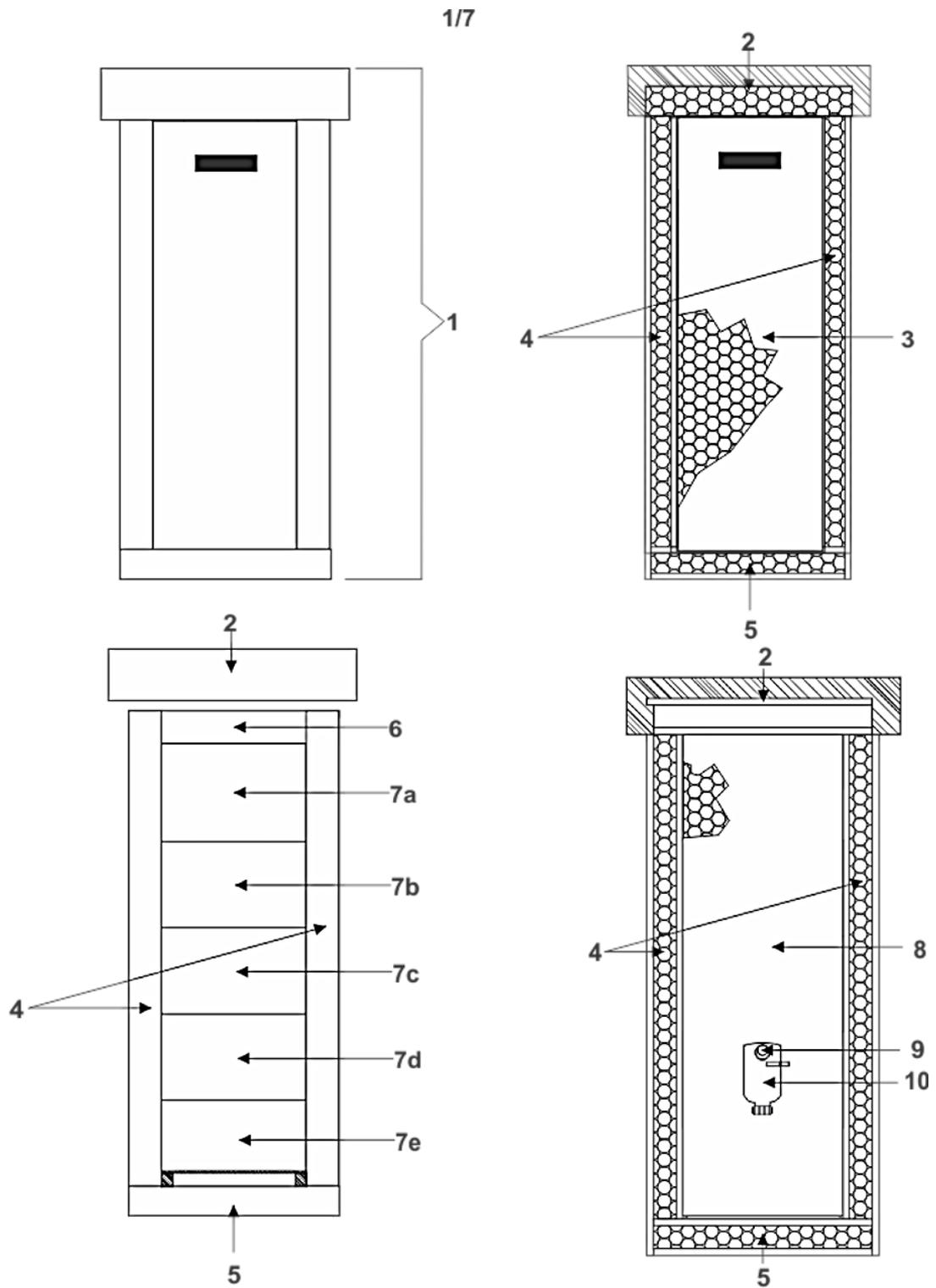


Figura 3.2.1. Perspectiva de la caja para la multiplicación artificial y producción de miel de abejas sin aguijón.

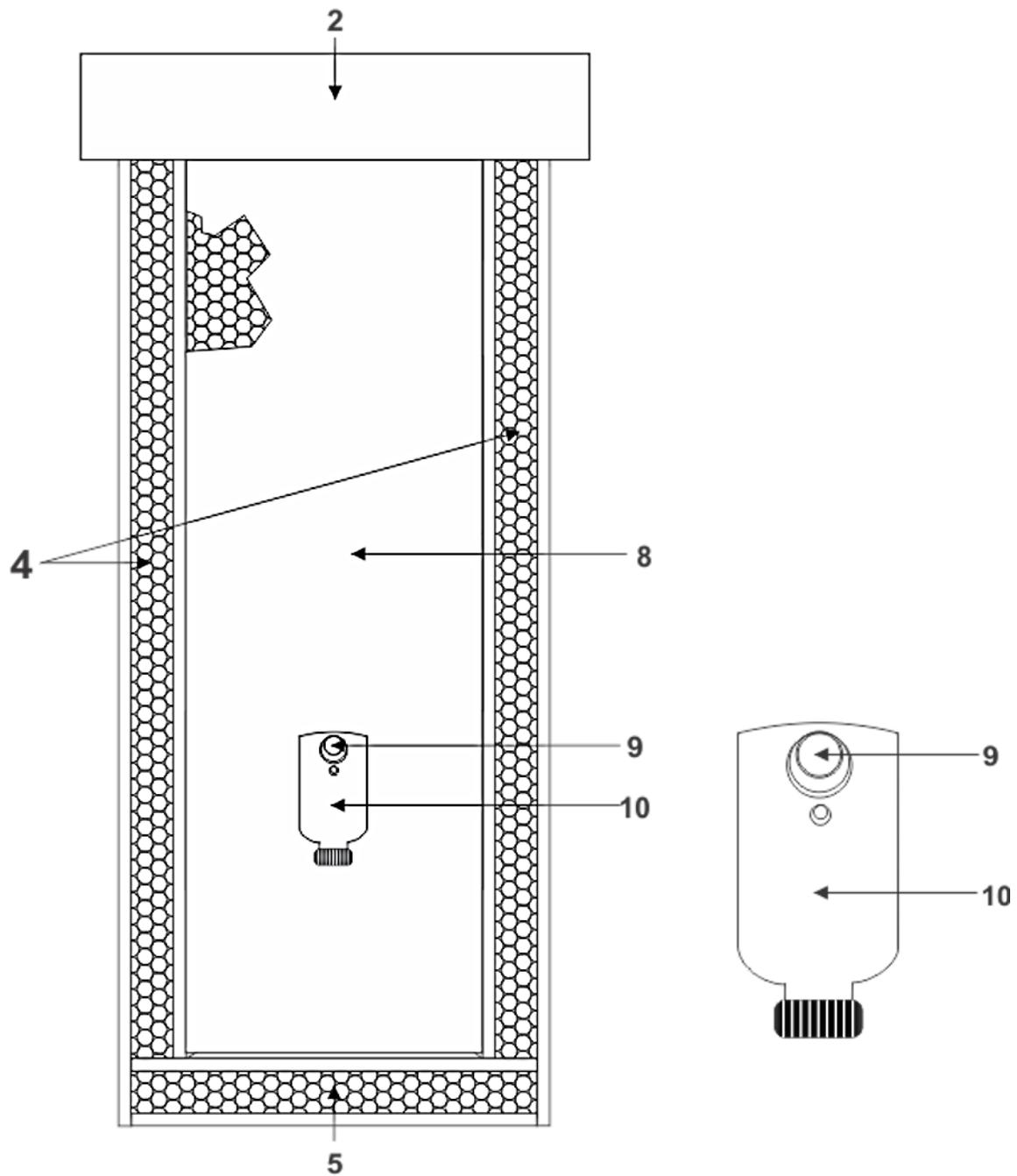


Figura 3.2.2. Vista frontal de la caja para la multiplicación artificial y producción de miel de abejas sin aguijón.

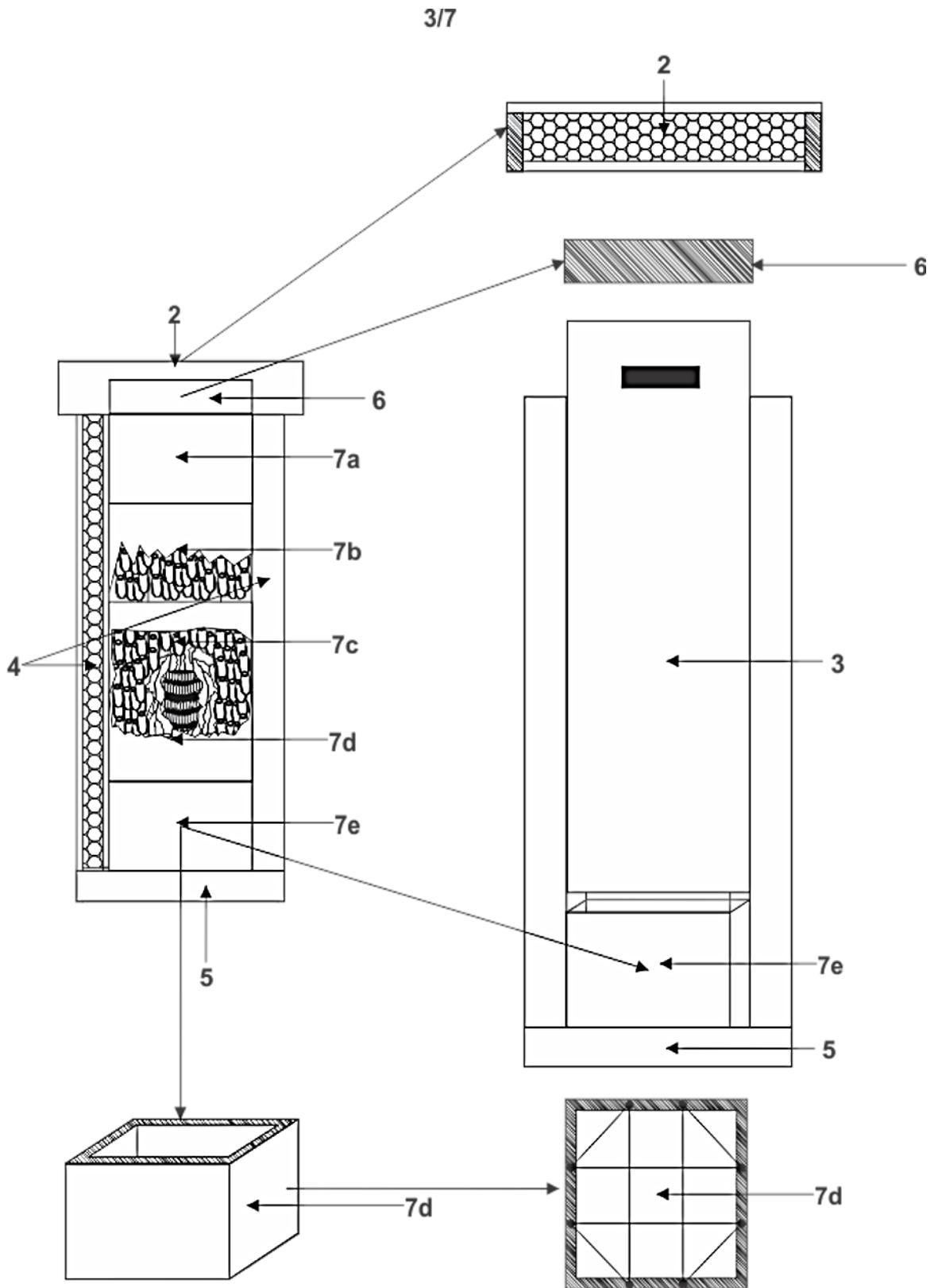


Figura 3.2.3. Vista posterior de la caja para la multiplicación artificial y producción de miel de abejas sin aguijón.

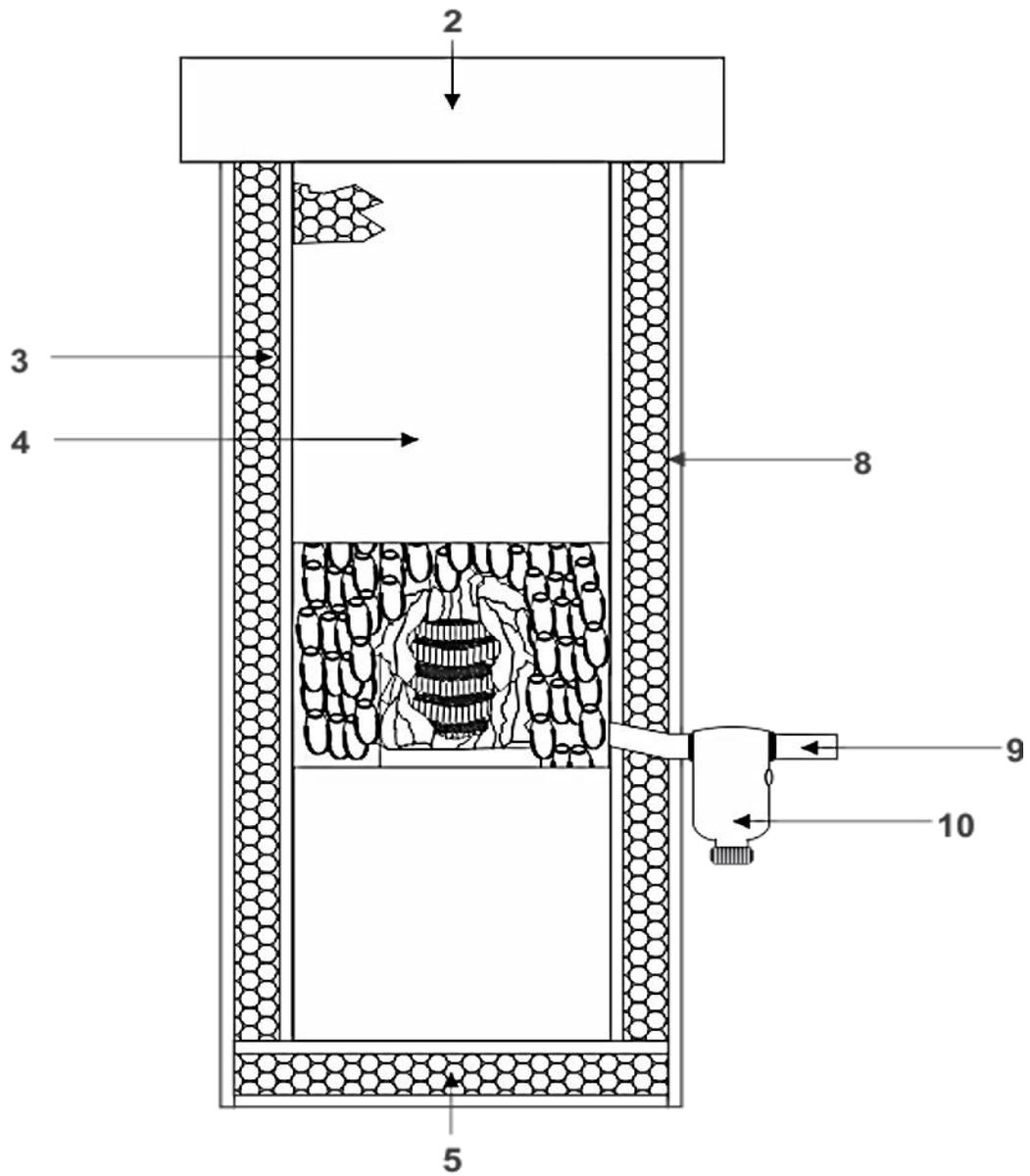


Figura 3.2.4. Vista lateral derecha de la caja para la multiplicación artificial y producción de miel de abejas sin aguijón.

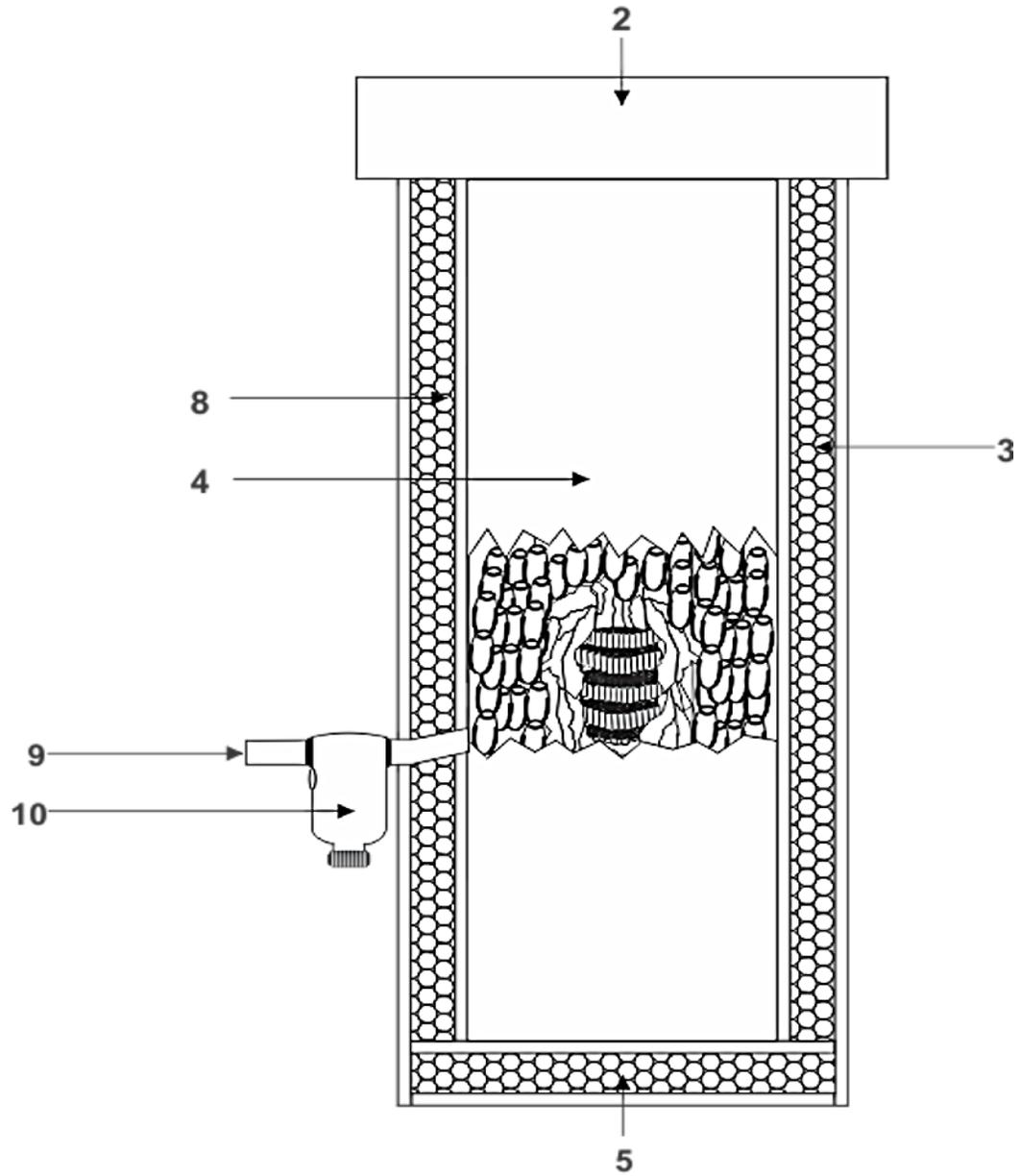


Figura 3.2.5. Vista lateral izquierda de la caja para la multiplicación artificial y producción de miel de abejas sin aguijón.

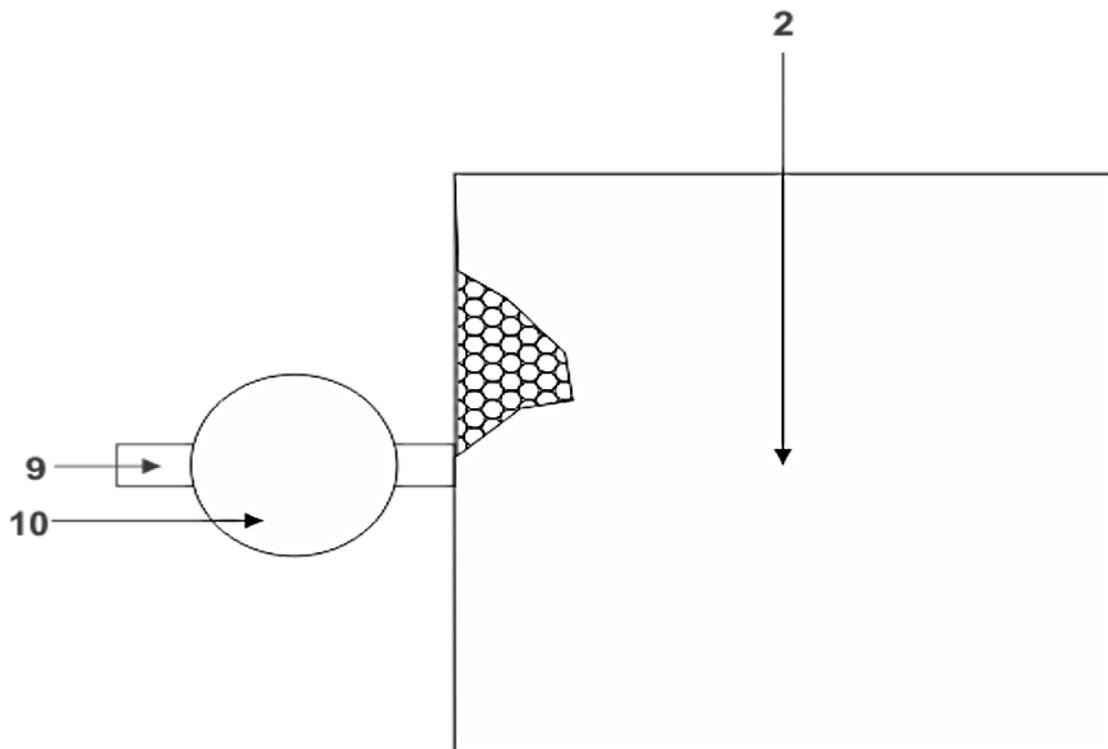


Figura 3.2.6. Vista superior de la caja para la multiplicación artificial y producción de miel de abejas sin aguijón.

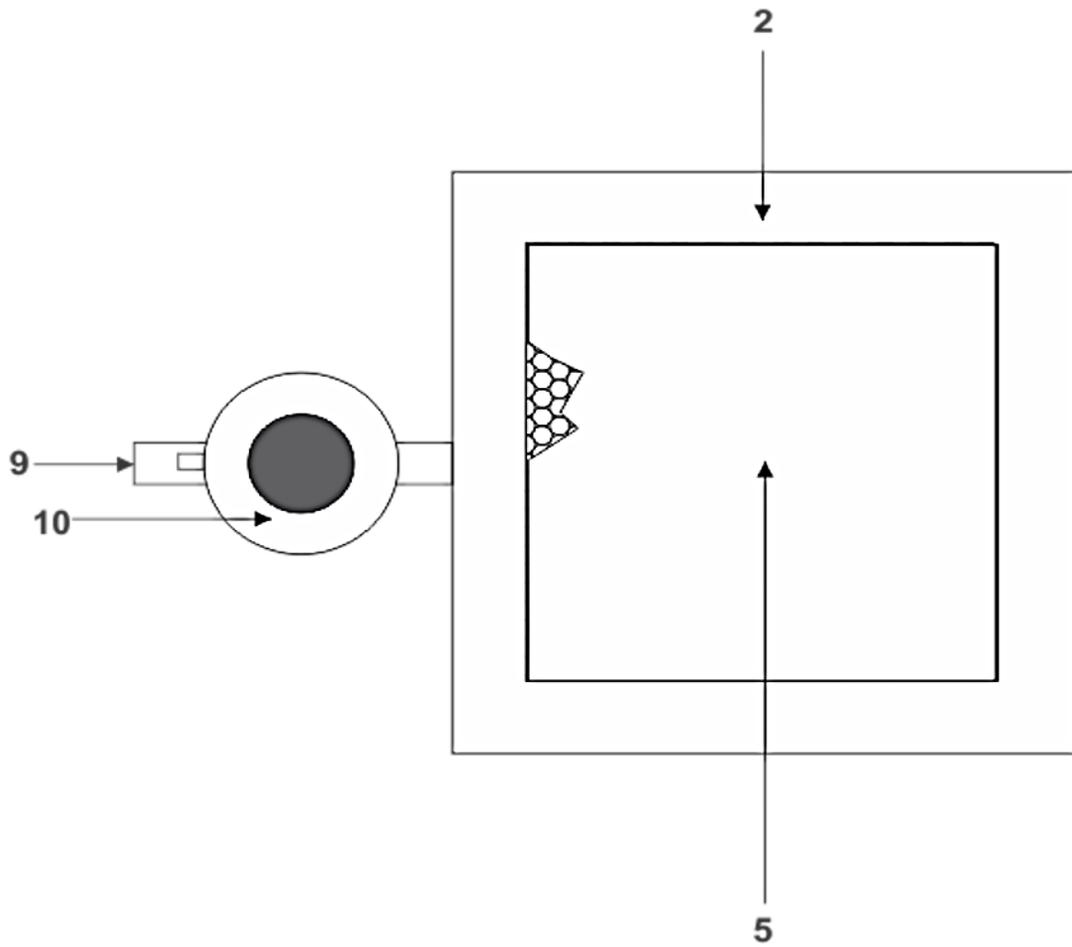


Figura 3.2.7. Vista inferior de la caja para la multiplicación artificial y producción de miel de abejas sin aguijón.

3.3 DESCRIPCIÓN DETALLADA

A continuación se presenta una descripción de forma estructural y conjunta la caja para la multiplicación artificial y producción de miel de abeja sin aguijón, integrándose con las siguientes partes, en el entendido que se manifiesta la disposición de su acoplamiento y ensamble de acuerdo con las figuras, indicándose a través de un paréntesis el número correspondiente a la integración y disposición y que en las siete figuras que se presentan el número es coincidente en la estructura respectiva: caja racional en forma de ortoedro o prisma cuadrangular recto, para la multiplicación artificial y producción de miel de abeja sin aguijón, dicha caja (1), está integrada por una sobre-tapa superior manufacturada, en triplay-Poliestireno expandido (EPS) y/o Poliuretano (PUR)-triplay, (2) dispuesta y ensamblada de manera tal que se pueda remover y deslizar la pared posterior (3) esta pared como la ya descrita (2) está fabricada con triplay-Poliestireno expandido (EPS) y/o Poliuretano (PUR)-triplay, presenta dos caras o paredes laterales (4) sustantivamente iguales y elaboradas ambas con (triplay-Poliestireno expandido (EPS) y/o Poliuretano (PUR)-triplay), la parte inferior o base de dicha caja (5) elaborada en triplay-Poliestireno expandido (EPS) y/o Poliuretano (PUR)-triplay sirve de soporte para colocar la caja en un estante y a su vez para fijar y ensamblar con clavos las paredes laterales (4) y la frontal (8), esta pared presenta un orificio (9) que se ubica a la altura del alza removible de cría (7 d), en dicho orificio (9) va insertado un tubo de Policloruro de Vinilo (PVC), en donde se coloca la trampa para el control de plagas (10), dicho orificio (9) sirve de entrada a las abejas a la cámara de cría; al levantar la tapa superior (2) se desliza la pared posterior y al interior de la caja se tienen una tapa (6) y cinco alzas construidas en madera de pino o cedro (7a, 7b, 7c, 7d y 7e) en forma de cubos rectangulares sin tapa superior y su fondo presentan un tramado elaborado con alambre galvanizado calibre 22 que esta sujetado son clavos, dicho tramado en forma de cruz separado a 3.5 cm y colocado en forma de cruz al centro de cada una de las alzas (7a, 7b, 7c, 7d y 7e) y con remates en las en las esquinas a 45°, esta configuración simula los puentes y postes que las abejas sin aguijón elaboran en forma natural para el soporte de la cámara de cría y de los depósitos de miel y polen, cada una de estas alzas tiene diferentes funciones la primera (7a) es removible igual que las subsecuentes en esta la abejas colocan los contenedores de miel y se le denomina alza removible de cosecha, la alza (7b) substancialmente igual a la anterior y colocada inmediatamente después a la alza (7a) de arriba hacia abajo se le denomina también

alza de cosecha removible, solo que en esta próxima a la cámara de cría uno, donde las abejas sin aguijón depositan miel y polen, inmediatamente y en orden descendente se coloca la alza removible de la cámara de cría dos (7c), en orden descendente se ubica la alza removible de la cámara de cría, la alza (7d) presenta un orificio angulado a 45°(9) que es coincidente con el orificio (9), de la pared exterior (8), esta se encuentra colocada antes de la alza removible de alimentación artificial (7e), en esta alza se coloca alimento artificial a las abejas sin aguijón al inicio de la formación de la colonia y en las épocas críticas del año cuando disminuye la floración, esta última alza (7e) al igual que las anteriores presenta en su fondo un entramado de alambre y va colocada y asentada en unos soportes de madera de pino o cedro que se ubican en la tapa del fondo de la caja (5), como se ha descrito la caja para la multiplicación artificial y producción de miel de abejas sin aguijón es desensamblable, lo que facilita la cosecha de miel, polen y el control de plagas, así como colocación de la misma en meliponarios en forma de estante.

3.4 REIVINDICACIONES

1.- Caja para la multiplicación artificial y producción de miel de abejas sin aguijón del tipo de las que permiten la termorregulación en su interior, en donde las paredes externas e internas de dicha caja cuentan con una capa de poliestireno formando un emparedado (triplay-Poliestireno expandido (EPS) y/o Poliuretano (PUR)-triplay, dicha caja se caracteriza porque sus paredes, base y tapa superior además de estar conformadas como se ha mencionado son removibles y permiten la cosecha, alimentación y revisión de la colmena sin causar daños a la misma, La pared frontal presenta una trampa para moscas, dicha trampa elaborada con materiales plásticos permiten colocar atrayentes como el vinagre para los enemigos naturales de las abejas sin aguijón sin dañar o contaminar la cámara de cría contenida en la caja, además dicha trampa tiene un sistema de alimentación y recolección del vinagre que permite el llenado y vaciado de la trampa sin causar contaminación.

2.- Caja para la multiplicación artificial y producción de miel de abejas sin aguijón de acuerdo a la reivindicación 1, caracterizada porque presenta la pared posterior removible, lo cual permite revisar la alzas movibles al interior de la caja sin tener que desensamblar dicha caja, esta pared presenta tres capas en el siguiente orden, triplay- Poliestireno expandido (EPS) y/o Poliuretano (PUR) -triplay, que se ajusta herméticamente al cuerpo de la caja.

3.- Caja para la multiplicación artificial y producción de miel de abejas sin aguijón de acuerdo a la reivindicación 1, caracterizada porque en su interior contiene totalmente aisladas cinco alzas removibles manufacturadas en madera, que en orden descendente partiendo de la tapa superior removible, en la primera se tienen los contenedores de miel, la segunda también es removible y en el mismo orden las abejas sin aguijón almacenan miel y polen, en la tercera y la cuarta alzas son removibles y las abejas construyen en estas alzas la cámara de cría, de la primera a la cuarta alza sus fondos presentan un entramado de alambre sujetado con clavos en forma de cruz con remates en la esquinas a 45° , la quinta alza que está sentada en el fondo de la caja no presenta el entramado y en su lugar el fondo es de madera del mismo espesor que las paredes de las alzas.

4.- Caja para la multiplicación artificial y producción de miel de abejas sin aguijón de acuerdo a la reivindicación 1. Caracterizada porque su tapa frontal es fija y presenta un orificio a la altura de la cuarta alza interna en donde va insertado un tubo que permite la entrada de las abejas sin aguijón a la cámara de cría, el tubo de entrada a dicha cámara presenta en su interior una pluralidad de perforaciones al interior de la trampa.

3.5 CONCLUSIONES

El rediseño de la caja racional Ailton-Fontana permitirá ser utilizada en la crianza en *S. mexicana* y ofrecerá las siguientes ventajas: facilitará la inspección, alimentación, limpieza, control de plagas, división artificial de las colonias, cosecha de miel y favorecerá la termorregulación del nido.

**CAPÍTULO IV. EFECTO DEL MODELO DE CAJA, MATERIAL DE
CONSTRUCCIÓN DE LA CAJA Y RECUBRIMIENTO DE LOS PANALES
DE CRÍA EN LA TERMORREGULACIÓN Y DESARROLLO DE
COLONIAS DE *Scaptotrigona mexicana***

Salazar-Vargas, H. R.¹, Hidalgo-Contreras J. V.^{1*}, Pérez-Sato, J.A¹, De La Rosa-
Santamaría, R.², Real-Luna, N.¹, Debernardi-De La Vequia, H.¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, Km. 348 Carretera Federal Córdoba-
Veracruz, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México C.P.94946.

²Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, Km. 3.5 Periférico Carlos A. Molina,
Carretera Cárdenas-Huimanguillo, Cárdenas, Tabasco, México C.P. 86500.

jvhidalgo@colpos.mx

RESUMEN

La división artificial de colonias de abejas *S. mexicana* es una actividad en la meliponicultura en donde se reporta la mayor pérdida de colonias. Entre las diversas causas de dicha mortalidad destaca: la dificultad de la nueva colonia por mantener la termorregulación de su nido debido a que las estructuras encargadas para este propósito son destruidas completamente al momento de la división. El objetivo de este estudio fue analizar las interacciones entre modelo de caja, el material de construcción de la caja y el recubrimiento de los panales de cría; en la temperatura interna del nido y el desarrollo de colonias pequeñas obtenidas por división artificial. Se registró la temperatura interna del nido durante la noche y el día de cada colonia transferida a cajas racionales por un periodo de 90 días. Se cuantifico el desarrollo de las colonias mediante su peso final e inicial y el número de celdas construidas. Los resultados obtenidos muestran que los mejores rangos de temperatura interna se lograron en aquellos nidos transferidos a cajas racionales modelo Portugal-Araujo y Ailton-Fontana cuyos diseños originales fueron modificados al incluir láminas de poliestireno expandible, entre otros cambios. Además, la temperatura y desarrollo de la colonia se vio favorecida cuando los panales recién transferidos fueron recubiertos con un molde elaborado de cera de abeja *Apis mellifera* L. La interacción positiva entre estos factores permitió proporcionar un rango de temperatura óptimo (27.9 – 31.0 °C) para el desarrollo de las colonias, las cuales obtuvieron ganancia de peso entre 0.149 - 0.289 kg y numero de celdas construidas entre 3511-4956 celdas de cría.

Palabras clave: Termorregulación, cavidad, *Scaptotrigona mexicana*, multiplicación artificial, material aislante, sustituto de involucro.

ABSTRACT

The artificial division of stingless bee colonies *S. mexicana* is an activity in the meliponiculture where the largest loss of colonies is reported. Among the various causes of such mortality is the difficulty of the new colony to maintain thermoregulation of its nest because the structures ordered for this purpose are destroyed at the time of division. The objective of this study was to analyze the interactions between the box model, the box building material and the coating of the brood combs; in the internal temperature of the nest and the development of small colonies obtained by artificial division. The internal temperature of the nest was record overnight and the day of each colony transferred to rational boxes for a period of 90 days. The development of the colonies was quantified by their initial and final weight and the number of cells constructed. The results show that the best internal temperature ranges were obtained in those nests transferred to rational boxes model Portugal-Araujo and Ailton-Fontana whose original designs were modified to include sheets of polystyrene expandable, among other changes. In addition, colony temperature and development were favored when newly transferred brood combs were coated with an elaborate mold of *Apis mellifera* L. The positive interaction between these factors allowed an optimal temperature range (27.9 - 31.0 °C) For the development of the colonies, which gained weight gain between 0.149 - 0.289 kg and number of cells built between 3511-4956 breeding cells.

Key words: Thermoregulation, cavity, *Scaptotrigona mexicana*, artificial multiplication, expandable polystyrene, replacement of involucro.

4.1 INTRODUCCIÓN

La división artificial de colonias es un método utilizado en la meliponicultura y consiste en que a partir de una colonia madre de abejas (Cortopassi-Laurino *et al.*, 2006) obtener varias colonias hijas a través de los años (Jaffé *et al.*, 2015). Posterior a la división la sobrevivencia de la colonia hija llega a ser crítica si no se le brindan las condiciones adecuadas (Halcroft *et al.*, 2013; Villanueva-Gutiérrez *et al.*, 2013) debido a que las partes del nido son destruidas (Lóriga-Peña *et al.*, 2015) y la cría de las nuevas colonias quedan expuestas a las fluctuaciones de temperatura externas. La temperatura del nido se estabiliza hasta que las estructuras del nido son nuevamente reconstruidas (Pisté Mukul, 2011; Quezada-Euán, 2005; Engels *et al.*, 1995; Moritz y Southwick, 1992). La temperatura óptima del nido oscila entre 31-35 °C (Márquez-Luna, 1994; Roubik y Peralta, 1983), para conseguirla las obreras cubren el área de cría con pequeñas láminas de cerumen conocido como involucro (Jones y Oldroyd, 2006; Roubik, 2006) seguido del área de almacenamiento, además las abejas revisten las paredes periféricas con batumen (mezcla de cerumen producido por la abeja y resina de los árboles). Una inadecuada termorregulación del nido pueden tener consecuencias graves para la colonia (Vollet-Neto *et al.*, 2015), desde un lento crecimiento hasta su muerte (Quijano *et al.*, 2008; Quezada-Euán, 2005; Quezada-Euán *et al.*, 2001). Bajo condiciones de una mala termorregulación del nido, las abejas invierten la mayor parte de sus energías en construir las estructuras de aislamiento y un menor esfuerzo en recolectar néctar y polen que son esenciales para el desarrollo y sobrevivencia de la colonia (Roubik, 2006; Biesmeijer y Slaa, 2004).

Otro factor clave que contribuye en la termorregulación del nido es el tipo de cavidades donde se alojan los nidos de *S. mexicana* (Jones y Oldroyd, 2006). Estas pueden ser naturales como es el caso de huecos de los troncos o cavidades artificiales como son las cajas racionales. Las cavidades naturales poseen paredes gruesas (>10 cm) que les permiten conservar adecuadamente la temperatura interna del nido (Macías-Macías *et al.*, 2014). Sin embargo, en las cajas racionales existe una mayor fluctuación en la temperatura interna del nido debido a que estas tienen un mayor volumen, altura y menor grosor de las paredes que las cavidades naturales (Moo-Valle *et al.*, 2000).

Debido a la importancia que la termorregulación tiene en el desarrollo de una colonia, es necesario construir cajas racionales que favorezcan el mantenimiento de rangos óptimos de

temperatura para el desarrollo de la cría (Macías-Macías *et al.*, 2011). Las cajas racionales comúnmente usadas para la crianza de *S. mexicana* son fabricadas de madera o barro (Quezada-Euán *et al.*, 2001; Ayala, 1999). Sin embargo, éstos materiales no poseen las mejores propiedades térmicas aislantes que ayuden al nido a mantener su temperatura óptima, especialmente en colonias de tamaño pequeño.

En la actualidad investigadores y meliponicultores han diseñado nuevos modelos de cajas racionales de madera, que facilitan el manejo de la colonia y brindan una mejor termorregulación al nido (Pisté-Mukul, 2011). El modelo más utilizado para la especie *S. mexicana* es el Portugal-Araujo (Guzmán-Díaz *et al.*, 2011), mientras que el Ailton-Fontana es utilizado para *Tetragonisca angustula* y *Nannotrigona testaceicornis* (Fontana, 2013). Este último modelo de caja puede ser modificado para ser usado exitosamente para alojar *S. mexicana*. Ambos modelos pueden ser ampliamente mejorados para brindar una mayor termorregulación al nido de las abejas sin aguijón si se incluye en su diseño y construcción un material aislante como el poliuretano (Pisté Mukul, 2011) o poliestireno expandible.

Durante la división artificial de las colonias de abeja sin aguijón, las estructuras del nido esenciales para brindar una termorregulación adecuada al mismo son destruidas durante esta actividad. Esto deja en un estado de vulnerabilidad a las nuevas colonias hijas a los cambios bruscos de temperaturas del ambiente. Una propuesta de contrarrestar esta situación sería diseñar y construir cajas racionales con materiales con propiedades térmicas aislantes y recubrir el área de cría con algún material que cumpla con las funciones del involucro. El objetivo de esta investigación fue analizar en colonias pequeñas obtenidas por división artificial, el efecto que se tiene en la temperatura interna del nido y desarrollo de la colonia de *S. mexicana*; el recubrir sus panales de cría con un material que sustituye al involucro y alojarlos en modelos de cajas racionales construidas con material convencional y materiales con propiedades térmicas aislantes.

4.2 MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el Meliponario (ver detalles en Capítulo II) ubicado en el área de Permacultura del Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México, entre los paralelos 18 ° 46 ' y 18 ° 58 ' de latitud norte; los meridianos 96 ° 49 ' y 96 ° 58 ' de longitud oeste; altitud entre 500 y 1 300 msnm. El clima corresponde a cálido húmedo (88%) y semi-cálido húmedo (12 %) con abundantes lluvias en verano, con

un rango de temperatura entre 20 – 24 °C y precipitación de 1 900 – 2 600 mm (INEGI, 2009). El periodo de estudio fue de junio a agosto del 2016.

En este experimento se utilizaron 36 colonias hijas de *S. mexicana* obtenidas de la siguiente manera: del total de colonias de los meliponarios del Colegio de Postgraduados se identificaron y seleccionaron por su peso 36 colonias madres (Figura 4.2.1). Estas inicialmente estaban alojadas en mancuernas de ollas de barro y para facilitar su manejo sus nidos fueron transferidos (Figura 4.2.2) al nuevo modelo de caja racional Ailton-Fontana construida de madera-poliestireno (ver detalles en Capítulo III). Las colonias recién transferidas fueron alimentadas artificialmente por 19 días hasta que sus nidos fueron reconstruidos completamente. Una vez que las colonias se estabilizaron, se procedió a la división artificial (Kwapong *et al.*, 2010) de las mismas (Figura 4.2.3) para obtener 36 colonias hijas.



Figura 4.2.1. Meliponarios ubicados dentro del Campus Córdoba de donde se seleccionaron las colonias del presente experimento. A: Meliponario ubicado en el área de Permacultura del Campus Córdoba-CP. B: Meliponario del área de la planta piloto de miel Campus Córdoba-CP. C: Mancuernas identificadas y seleccionadas del meliponario del área de Permacultura. D: Mancuernas identificadas y seleccionadas del meliponario del área de la planta piloto de miel.



Figura 4.2.2. Transferencia de colonias de *S. mexicana* de mancuerna a caja racional de madera-poliestireno expandido. Fuente: Elaboración propia. Foto: H.R. Salazar-Vargas.



Figura 4.2.3. División de colonias madres de *S. mexicana* alojadas en caja racional para obtener 36 colonias hijas. Fuente: Elaboración propia. Foto: H.R. Salazar-Vargas.

Se cuantifico el peso inicial de cada colonia hija al momento de la división artificial. Este se mantuvo dentro del rango de 0.077 a 0.335 kg (Arzaluz *et al.*, 2002). Las nuevas colonias estuvieron compuestas por panales de cría, abejas obreras y reina adulta y/o celda real. El diseño estadístico utilizado fue en bloques completos al azar (DBCA) con un arreglo factorial completo como diseño de los tratamientos y el peso inicial de la colonia como covariable. El arreglo factorial consistió de tres factores (2x2x3) (Figura 4.2.4), donde el primer factor fue

el modelo: Modelo Ailton-Fontana (MAF) y Modelo Portugal-Araujo (MPA); el segundo factor fue el material utilizado en la construcción de las cavidades racionales: Cajas Construidas de Madera (CCM) y Cajas Construidas de Madera + Poliestireno Expandible (CCM+PE) y el tercer factor fue el tipo de material utilizado para recubrir los panales de cría recién transferidos a las cajas: Panales de Cría Transferidos Recubiertos con Cera de Abeja Melífera (PCTRCAM), Panales de Cría Transferidos Recubiertos con Poliestireno Expandible (PCTRPE) y Panales de Cría Transferidos Sin Recubrimiento (PCTSR). La cera de abeja utilizada fue de *Apis mellifera* L.



Figura 4.2.4. Arreglo factorial de los tratamientos para analizar su efecto en la termorregulación y desarrollo de colonias de abejas de *S. mexicana* de tamaño pequeño obtenidas por división artificial. Fuente: Elaboración propia. Foto: H.R. Salazar-Vargas.

Para este estudio se construyeron 18 cajas del MAF con volumen de 5.3 L y 18 cajas MPA con volumen de 4.2 L. En el MAF nueve de dichas cajas fueron construidas completamente de madera (espesor 2.54 cm) (Figura 4.2.5 A y B) y nueve de madera (espesor de 2.54 cm) que además en su diseño se incluyó láminas de Poliestireno Expandible (Figura 4.2.5 E y F). Para el modelo MPA (Figura 4.2.5 C, D, G y H) se construyeron bajo las mismas condiciones descritas para MAF. El MAF que incluyó el material aislante (Figura 4.2.6) está en registro de patente por los autores de esta investigación (ver detalles en Capítulo III).

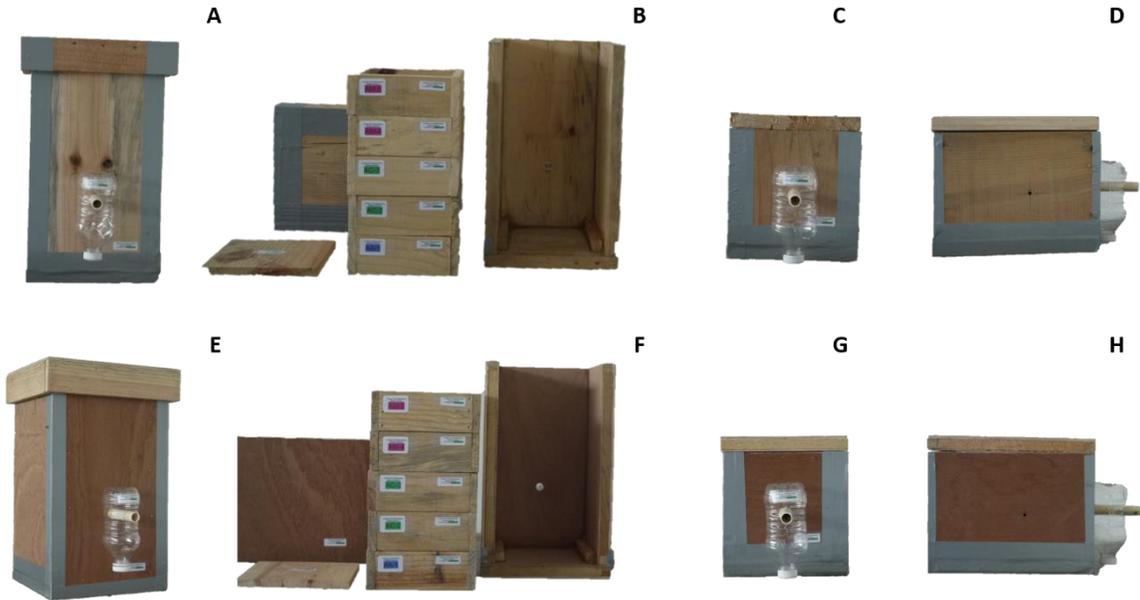


Figura 4.2.5. A: Vista frontal de caja MAF, CCM. B: Vista posterior de alzas techo, tapa y caja MAF, CCM. C: Vista frontal de caja MPA, CCM. D: Vista lateral derecha de caja MPA, CCM. E: Vista frontal de caja MAF, CCM+PE. F: Vista posterior de alzas techo, tapa y caja MAF, CCM+PE. G: Vista frontal de caja MPA, CCM+PE. H: Vista lateral derecha de caja MPA, CCM+PE. Fuente: Elaboración propia. Foto: H.R. Salazar-Vargas.

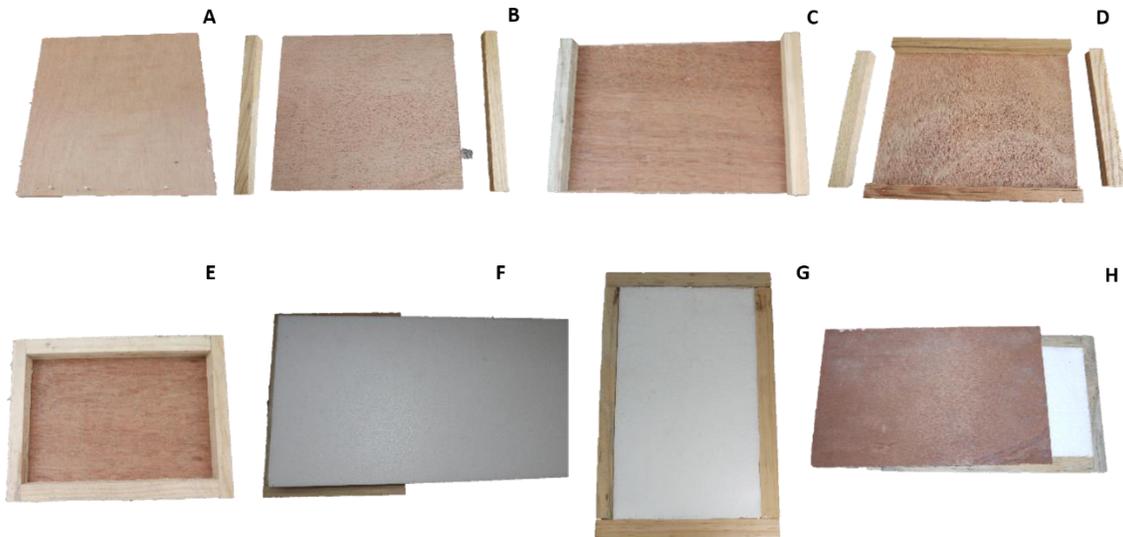


Figura 4.2.6. Detalle constructivo de piezas (piso, techo, paredes laterales, pared anterior y pared posterior) para la elaboración de cajas MPA y MAF con CCM+PE. A: Pieza de triplay. B: Ajuste de polines en extremos laterales. C: Fijado de polines en extremos laterales. D: Ajuste de polines en extremos superior e inferior. E: Fijado de polines en extremos superior e inferior. F: Ajuste de poliestireno expandido en marco. G: Relleno con poliestireno expandido. H: Cubierta y fijado con pieza de triplay. Fuente: Elaboración propia. Foto: H.R. Salazar-Vargas.

Por otra parte, los panales de cría transferidos a las 36 cajas construidas con las características arriba mencionadas fueron recubiertos con los siguientes tipos de materiales (Figura 4.2.7): con un molde de cera de abeja melífera (PCTRCAM) de 12 cm de diámetro por 6 cm de alto y un espesor de 0.2mm con 4 orificio de ventilación con diámetro de 1 cm en cada uno de los bordes (Figura 4.2.8) y con una molde de poliestireno expandible (PCTRPE) que tuvo características similares a PCTRCAM (Figura 4.2.9). Algunos de los nidos trasferidos (panales de cría) quedaron sin recubrirse.



Figura 4.2.7. Recubrimiento de panales de cría durante transferencia de colonias. A: Panales de Cría Transferidos Recubiertos con Cera de Abeja Melífera (PCTRCAM). B: Panales de Cría Transferidos Recubiertos con Poliestireno Expandible (PCTRPE). C: Panales de Cría Transferidos Sin Recubrimiento (PCTSR). Fuente: Elaboración propia. Foto: H.R. Salazar-Vargas.

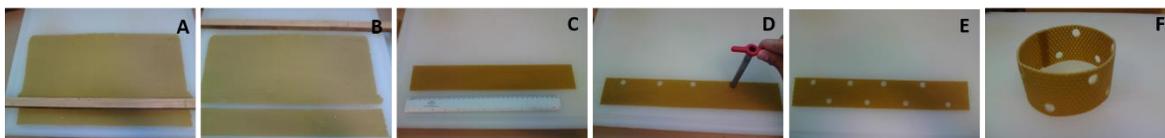


Figura 4.2.8. Elaboración del recubrimiento para Panales de Cría Transferidos Recubiertos con Cera de Abeja Melífera (PCTRCAM). A: Trazo de medidas en lámina de cera estampada de abeja europea *Apis mellifera* L. B: Corte de láminas. C: Ajuste de medidas (6 x 30 cm). D: Elaboración de orificios de ventilación con sacabocados con diámetro de 1 cm. E: Lámina terminada con orificios de ventilación. F: Elaboración de cilindro para colocar dentro la cría recién transferida. Fuente: Elaboración propia. Foto: H.R. Salazar-Vargas.

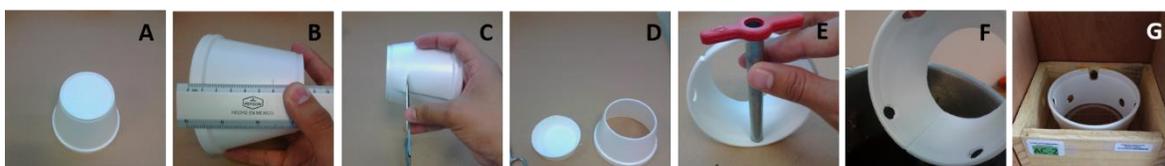


Figura 4.2.9. Elaboración del recubrimiento para los panales de cría transferidos utilizando un recipiente de poliestireno expandible. A: Vista del fondo del recipiente de poliestireno expandible B: Trazo de medidas en el recipiente. C: Corte con una tijera de la parte inferior del recipiente. D: La parte inferior del recipiente es eliminado. E: Elaboración de orificios de ventilación con sacabocados con diámetro de 1 cm. F: Recubrimiento terminado con orificios de ventilación. G: Panales de Cría

Transferidos Recubiertos con Poliestireno Expandible (PCTRPE). Fuente: Elaboración propia. Foto: H.R. Salazar-Vargas.

En la Figura 4.2.10 y Cuadro 4.2.1 se muestran los 12 tratamientos (tres repeticiones cada uno) que resultaron de las combinaciones de tres factores (modelo de caja, material de construcción de las cajas, materiales que recubren el nido) y sus respectivos niveles. Para facilitar la identificación de la combinación se asignó una clave a cada combinación (Cuadro 4.2.1).

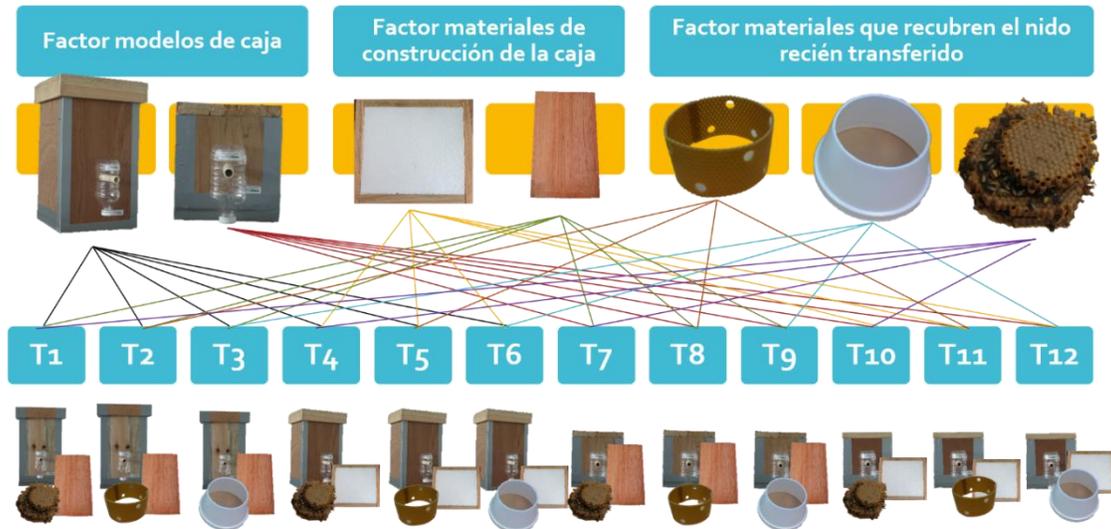


Figura 4.2.10. Combinación del factor modelos de caja con dos niveles, factor material de construcción de la caja con dos niveles, factor materiales que recubren el nido recién transferido con tres niveles, da como resultado 12 combinaciones posibles. Fuente: Elaboración propia. Foto: H.R. Salazar-Vargas.

Cuadro 4.2.1. Arreglo factorial de los tratamientos. MAF- Modelo Ailton-Fontana, MPA- Modelo Portugal-Araujo, CCM-Caja Construida de Madera, CCM+PE-Caja Construida de Madera + Poliestireno Expandible, PCTSR-Panales de Cría Transferidos Sin Recubrir, PCTRCAM- Panales de Cría Transferidos Recubiertos con Cera de Abeja Melífera, PCTRPE- Panales de Cría Transferidos Recubiertos con Poliestireno Expandible.

Factor Modelo de Caja Racional	Factor material de construcción de la caja	Factor material para cubrir los panales de cría	Resultado de la combinación (Arreglo factorial de los tratamientos)	Clave de identificación de tratamientos
MAF	CCM	PCTSR	MAF-CCM-PCTSR	T ₁ *
MAF	CCM	PCTRCAM	MAF-CCM- PCTRCAM	T ₂
MAF	CCM	PCTRPE	MAF-CCM-PCTRPE	T ₃
MAF	CCM+PE	PCTSR	MAF- CCM+PE- PCTSR	T ₄
MAF	CCM+PE	PCTRCAM	MAF- CCM+PE- PCTRCAM	T ₅
MAF	CCM+PE	PCTRPE	MAF-CCM+PE- PCTRPE	T ₆
MPA	CCM	PCTSR	MPA-CCM-PCTSR	T ₇ *
MPA	CCM	PCTRCAM	MPA-CCM- PCTRCAM	T ₈
MPA	CCM	PCTRPE	MPA-CCM-PCTRPE	T ₉
MPA	CCM+PE	PCTSR	MPA-CCM+PE- PCTSR	T ₁₀
MPA	CCM+PE	PCTRCAM	MPA-CCM+PE- PCTRCAM	T ₁₁
MPA	CCM+PE	PCTRPE	MPA-CCM+PE- PCTRPE	T ₁₂

*Tratamientos control: T₁ para el Modelo Ailton-Fontana (MAF) y T₇ para el Modelo Portugal-Araujo (MPA).

Durante 41 días previo al inicio del experimento se hicieron revisiones periódicas donde todas las colonias fueron alimentadas con miel, y polen y se tomaron las medidas de control: limpieza de caja y uso de trampas internas con uso de atrayente (Ácido acético al 5%), en colonias que resultaron positivas a mosca vinagrera (*Pseudohyocera* spp.). Cuando el total de colonias presento condiciones similares, las colonias fueron colocadas en el Meliponario del Campus Córdoba-CP (ver detalles en Capítulo II) (Figura 4.2.11).



Figura 4.2.11. Trasiego de colonias de *S. mexicana* a Meliponario Campus Córdoba-CP. Foto: H.R. Salazar-Vargas.

Estas fueron distribuidas aleatoriamente en tres bloques de 12 colonias con cada una de las combinaciones, el primer bloque se colocó a 2 m de distancia del piso, el segundo a 1.5 m y el tercero a 1 m de distancia (Figura 4.2.12). Las entradas de los nidos se orientaron hacia el norte.

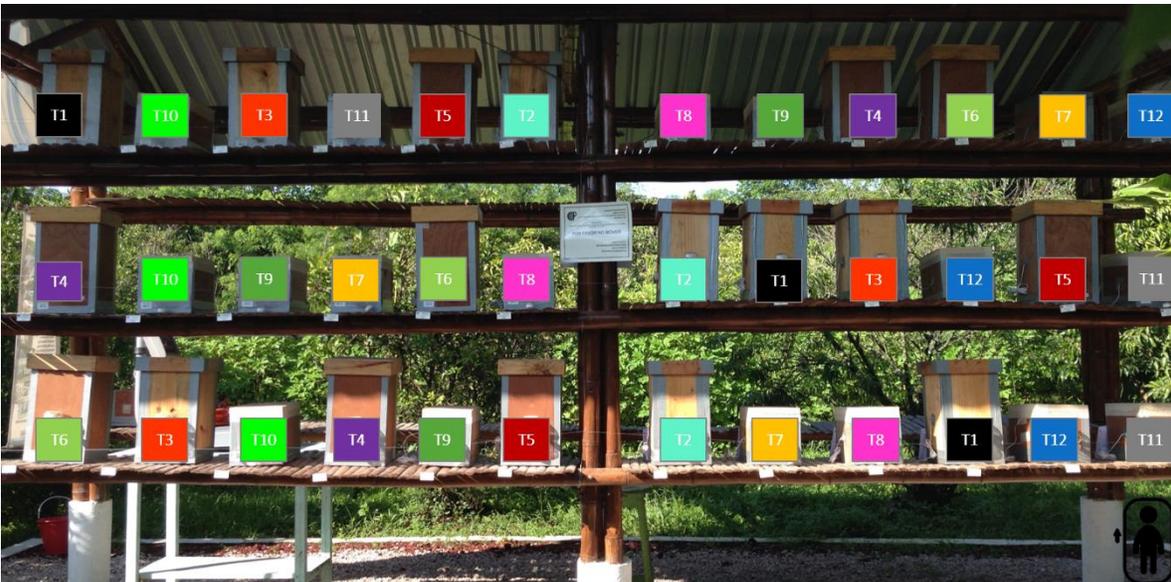


Figura 4.2.12. Distribución aleatoria de tratamientos por bloque en Meliponario Campus Córdoba-CP. Fuente: Elaboración propia. Foto: H.R. Salazar-Vargas.

Para evaluar la interacción del modelo de caja, material de construcción de la caja y material que recubre el nido en la temperatura interna, sobre el último disco de cría de cada colonia se colocó un sensor de termómetro digital (VA-DT-1H Avaly). Durante 12 semanas en

intervalos de cada cuatro horas, se registró la temperatura interna del nido y la del ambiente. Durante el día se colectaron datos de temperatura a las 9:00 h, 13:00 h y 17:00 h; mientras que durante la noche los horarios fueron: 21:00 h, 1:00 h y 5:00 h. Para obtener el incremento de peso de la colonia hija se cuantificó su peso inicial y peso final. Para esto se utilizó una báscula portátil (EQB-100 Torrey), además se calculó el número de celdas de cría (Macías-Macías *et al.*, 2011a) y se contabilizó la cantidad de potses totales (Quijano *et al.*, 2008) (Figura 4.2.13).



Figura 4.2.13. A y B: Sensor del termómetro digital sobre último disco de cría. C: cuantificación del peso inicial y final. D: Medición de diámetro de disco de cría utilizando Vernier. E: Cuantificación de los potses totales construidos. Foto: H.R. Salazar-Vargas.

Debido a que el peso inicial fue variable para todas las colonias divididas se utilizó como covariable en el análisis estadístico (ANCOVA). Se realizaron pruebas de normalidad en los datos, los cuales cumplieron los supuestos de normalidad, así como la prueba de igualdad de pendientes para la covariable, siendo necesario ajustar las medias de los tratamientos por el efecto de la misma. Para las comparaciones múltiples se utilizó la prueba LSD protegida de Fisher. Las variables respuesta (temperatura) analizadas bajo este diseño se clasificaron de

la siguiente manera: Temperatura Ambiente de Día (TAD), Temperatura Ambiente de Noche (TAN) Temperatura Ambiente Promedio (TAP), Temperatura Interna del Nido de Día (TIND), Temperatura Interna del Nido de Noche (TINN) y Temperatura Interna Promedio (TIP). Respecto al tamaño de la colonia, las mediciones que se realizaron fueron las siguientes: Peso Inicial de la Colonia (PIC), Peso Final de la Colonia (PFC), Ganancia de Peso de la Colonia (GPC), Numero de Celdas de Cría Construidas (NCCC), Numero de Potes Totales Construidos (NPTC). Finalmente, para observar las relaciones entre las variables se realizó un análisis de correlación de Pearson. El paquete estadístico utilizado fue SAS 9.3.

4.3 RESULTADOS

Durante el periodo de estudio, el promedio de la Temperatura Ambiente de Día (TAD) fue de 27.3 °C (Rango = 26.7 a 28.4 °C) y la Temperatura Ambiente de Noche (TAN) de 21.2 °C (Rango = 20.8 a 22.4 °C). La interacción entre modelo de caja, material de construcción de la caja y material que recubre el nido para la Temperatura Interna del Nido de Día (TIND) muestra diferencia significativa ($P = 0.0296$), no así para la Temperatura Interna del Nido en la Noche (TINN) ($P = 0.0776$). Para la TIND entre tratamientos se observa que la media ajustada más alta corresponde a T₁₁ (MPA-CCM+PE-PCTRCAM) con una media ajustada de 31.5°C (Cuadro 4.3.1) y la más baja corresponde para T₄ (MAF-CCM+PE-PCTSR). Los tratamientos con la media ajustada más alta para la variable TINN fueron T₁ (MAF-CCM-PCTSR), T₅ (MAF-CCM+PE-PCTRCAM) y T₁₁ (MPA-CCM+PE-PCTRCAM) y la más baja fue T₄ (Cuadro 4.3.1). Entre el tratamiento control T₁ y T₅ no se observan diferencias significativas ($P = 0.7717$). Sin embargo, entre el tratamiento T₇ (MPA-CCM-PCTSR) y T₁₁ hubo diferencias significativas ($P = 0.0220$).

La grafica de la TIP media ajustada de los tratamientos, durante un periodo de 24 h (Figura 4.3.1) muestra oscilaciones similares entre tratamientos. Las oscilaciones para medias más altas corresponden a T₁₁ y T₅ y las mínimas para T₄. La grafica muestra que existe una independencia entre la temperatura ambiente y la temperatura interna del nido.

Cuadro 4.3.1. Medias ajustadas (\pm SD) del nido de *S. mexicana* de las variables TIND, TINN y TIP en: T₁(MAF-CCM-PCTSR), T₂(MAF-CCM- PCTRCAM), T₃(MAF-CCM-PCTRPE), T₄(MAF- CCM+PE- PCTSR), T₅(MAF- CCM+PE- PCTRCAM), T₆(MAF-CCM+PE- PCTRPE), T₇(MPA-CCM-PCTSR), T₈(MPA-CCM- PCTRCAM), T₉(MPA-CCM-PCTRPE), T₁₀(MPA-CCM+PE- PCTSR), T₁₁(MPA-CCM+PE- PCTRCAM) y T₁₂ (MPA-CCM+PE- PCTRPE).

TRATAMIENTOS	Temperatura °C		
	Temperatura Interna del Nido de Día (TIND)	Temperatura Interna del Nido de Noche (TINN)	Temperatura Interna Promedio (TIP)
T ₁	29.598 \pm 0.715 abc	27.896 \pm 1.012 a	28.745 \pm 0.837 ab
T ₂	29.391 \pm 0.726 abc	27.058 \pm 1.03 ab	28.222 \pm 0.851 ab
T ₃	28.361 \pm 0.714 c	25.386 \pm 1.011 ab	26.872 \pm 0.836 bc
T ₄	25.929 \pm 1.024 d	23.395 \pm 1.504 b	24.655 \pm 1.223 c
T ₅	30.132 \pm 0.69 abc	27.973 \pm 0.972 a	29.052 \pm 0.807 ab
T ₆	29.497 \pm 0.697 abc	27.178 \pm 0.984 ab	28.339 \pm 0.815 ab
T ₇	28.736 \pm 0.69 bc	25.323 \pm 0.971 ab	27.029 \pm 0.806 bc
T ₈	29.771 \pm 0.741 abc	26.484 \pm 1.054 ab	28.13 \pm 0.87 ab
T ₉	28.811 \pm 0.73 bc	24.895 \pm 1.037 ab	26.855 \pm 0.856 bc
T ₁₀	30.292 \pm 0.698 ab	27.198 \pm 0.985 ab	28.746 \pm 0.816 ab
T ₁₁	31.358 \pm 0.761 a	28.137 \pm 1.088 a	29.75 \pm 0.896 a
T ₁₂	30.148 \pm 0.772 abc	26.741 \pm 1.106 ab	28.448 \pm 0.91ab

* Letras diferentes indican diferencia significativa entre tratamientos (P < 0.05).

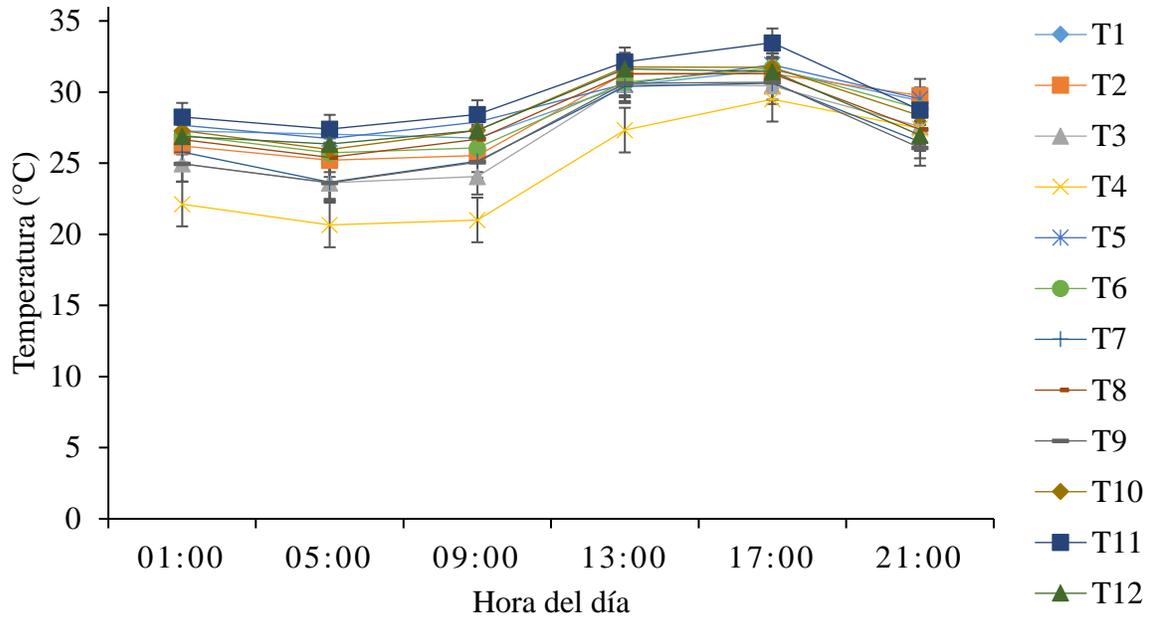


Figura 4.3.1. Temperatura media ajustada (\pm SD) de nidos de *S. mexicana* en: T₁(MAF-CCM-PCTSR), T₂(MAF-CCM- PCTRCAM), T₃(MAF-CCM-PCTRPE), T₄(MAF-CCM+PE- PCTSR), T₅(MAF- CCM+PE- PCTRCAM), T₆(MAF-CCM+PE-PCTRPE), T₇(MPA-CCM-PCTSR), T₈(MPA-CCM- PCTRCAM), T₉(MPA-CCM-PCTRPE), T₁₀(MPA-CCM+PE- PCTSR), T₁₁(MPA-CCM+PE- PCTRCAM) y T₁₂ (MPA-CCM+PE- PCTRPE), durante 24 horas.

Los resultados de las medias ajustadas para el Peso Final de la Colonia (PFC), Ganancia de Peso de la Colonia (GPC) se muestran en el Cuadro 4.3.2. Por otra parte, el Número de Celdas de Cría Construidas (NCCC) y Número de Potes Totales Construidos (NPTC) se reportan en el Cuadro 4.3.3. Se observaron diferencias significativas para las variables analizadas: PFC ($P = 0.0224$), GPC ($P = 0.0224$), NCCC ($P = 0.0036$), no así para NPTC ($P = 0.1509$).

Las comparaciones entre los tratamientos revelaron que para las variables PFC y GPC, T₃ (MAF-CCM-PCTRPE) y T₁₁ fueron los más altos (Cuadro 4.3.2) y los más bajos T₄. Con respecto a las variables NCCC los valores más altos corresponden a T₅ y T₁₁ y para NPTC los valores más altos le corresponden a los tratamientos T₄, T₅ y T₁₁ (Cuadro 4.3.3). Existe una correlación significativa entre la TIP y el NCCC ($P < 0.0001$), entre el PIC y NPTC ($P < 0.0001$), y entre el PFC con NCCC ($P < 0.0001$) y NPTC ($P < 0.0001$). El T₃ y T₁₁ tuvieron un PFC y GPC mayor en comparación con los otros tratamientos (Figura 4.3.2).

Cuadro 4.3.2. Medias ajustadas (\pm SD) del PIC, PFC y GPC del nido de *S. mexicana* después de 12 semanas de experimento en: T₁(MAF-CCM-PCTSR), T₂(MAF-CCM-PCTRCAM), T₃(MAF-CCM-PCTRPE), T₄(MAF-CCM+PE-PCTSR), T₅(MAF-CCM+PE-PCTRCAM), T₆(MAF-CCM+PE-PCTRPE), T₇(MPA-CCM-PCTSR), T₈(MPA-CCM-PCTRCAM), T₉(MPA-CCM-PCTRPE), T₁₀(MPA-CCM+PE-PCTSR), T₁₁(MPA-CCM+PE-PCTRCAM) y T₁₂(MPA-CCM+PE-PCTRPE).

TRATAMIENTOS	Peso		
	Peso Inicial de la Colonia (PIC)	Peso Final de la Colonia (PFC)	Ganancia de Peso de la Colonia (GPC)
T ₁	0.2021 \pm 0.0293	0.308 \pm 0.0515 abc	0.1499 \pm 0.0515 abc
T ₂	0.2112 \pm 0.0293	0.294 \pm 0.0524 abc	0.1358 \pm 0.0524 abc
T ₃	0.2015 \pm 0.0293	0.368 \pm 0.0514 ab	0.2099 \pm 0.0514 ab
T ₄	0.3352 \pm 0.0293	0.17 \pm 0.0768 c	0.0113 \pm 0.0768 c
T ₅	0.1653 \pm 0.0293	0.308 \pm 0.0495 abc	0.1491 \pm 0.0495 abc
T ₆	0.1344 \pm 0.0293	0.307 \pm 0.05 abc	0.1481 \pm 0.05 abc
T ₇	0.1594 \pm 0.0293	0.188 \pm 0.0494 c	0.0295 \pm 0.0494 c
T ₈	0.0953 \pm 0.0293	0.233 \pm 0.0537 bc	0.0748 \pm 0.0537 bc
T ₉	0.1026 \pm 0.0293	0.195 \pm 0.0528 c	0.0369 \pm 0.0528 c
T ₁₀	0.1333 \pm 0.0293	0.254 \pm 0.0501 bc	0.0953 \pm 0.0501 bc
T ₁₁	0.083 \pm 0.0293	0.448 \pm 0.0554 a	0.2893 \pm 0.0554 a
T ₁₂	0.077 \pm 0.0293	0.258 \pm 0.0563 bc	0.0991 \pm 0.0563 bc

*Letras diferentes indican diferencia significativa entre tratamientos (P < 0.05).

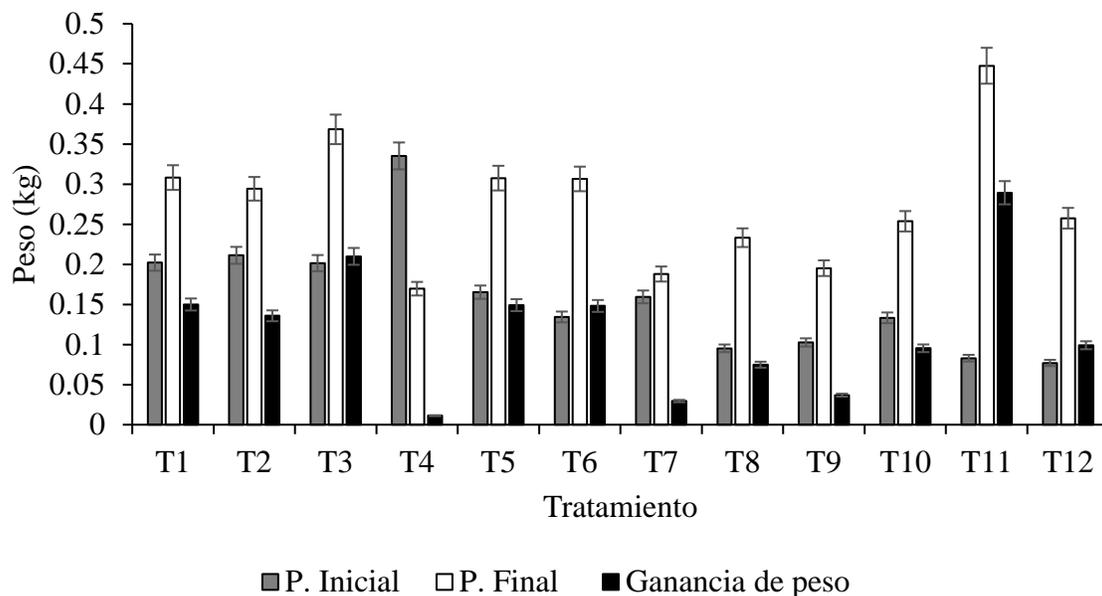


Figura 4.3.2. Peso Inicial de la Colonia (PIC) (barra gris), Peso Final de la Colonia (PFC) (barra blanca) y Ganancia de Peso de la Colonia (GPC) (barra negra) medio ajustado (\pm SD) de nidos de *S. mexicana* en : T₁(MAF-CCM-PCTSR), T₂(MAF-CCM-PCTRCAM), T₃(MAF-CCM-PCTRPE), T₄(MAF-CCM+PE-PCTSR), T₅(MAF-CCM+PE-PCTRCAM), T₆(MAF-CCM+PE-PCTRPE), T₇(MPA-CCM-PCTSR), T₈(MPA-CCM-PCTRCAM), T₉(MPA-CCM-PCTRPE), T₁₀(MPA-CCM+PE-PCTSR), T₁₁(MPA-CCM+PE-PCTRCAM) y T₁₂(MPA-CCM+PE-PCTRPE), al inicio y después de 12 semanas de experimento.

Cuadro 4.3.3. Medias ajustadas (\pm SD) del NCCC y NPTC de *S. mexicana* después de 12 semanas de experimento en: T₁(MAF-CCM-PCTSR), T₂(MAF-CCM- PCTRCAM), T₃(MAF-CCM-PCTRPE), T₄(MAF- CCM+PE- PCTSR), T₅(MAF- CCM+PE- PCTRCAM), T₆ (MAF-CCM+PE- PCTRPE), T₇(MPA-CCM-PCTSR), T₈ (MPA-CCM- PCTRCAM), T₉ (MPA-CCM-PCTRPE), T₁₀(MPA-CCM+PE- PCTSR), T₁₁(MPA-CCM+PE- PCTRCAM) y T₁₂ (MPA-CCM+PE- PCTRPE).

TRATAMIENTOS	Numero de Celdas de Cría Construidas (NCCC)	Numero de Potes Totales Construidos (NPTC)
T ₁	2372.1 \pm 819.66 bc	32.801 \pm 8.6603 abc
T ₂	3029.8 \pm 829.78 abc	26.189 \pm 8.7897 bc
T ₃	2158.8 \pm 819.01 bcd	18.558 \pm 8.6521 c
T ₄	-496.44 \pm 1110.6 d	36.3 \pm 12.286 abc
T ₅	3511.5 \pm 797.54 ab	43.688 \pm 8.3764 ab
T ₆	1950.6 \pm 803.82 bcd	31.724 \pm 8.4572 abc
T ₇	1293.7 \pm 796.98 cd	21.184 \pm 8.3692 c
T ₈	2189.1 \pm 843.39 bcd	31.932 \pm 8.9632 abc
T ₉	1245.2 \pm 833.41 cd	25.555 \pm 8.8359 bc
T ₁₀	2739.2 \pm 804.48 bc	30.551 \pm 8.4657 bc
T ₁₁	4956.8 \pm 862.5 a	52.006 \pm 9.2057 a
T ₁₂	1784.7 \pm 872.76 bcd	32.846 \pm 9.3355 abc

* Letras diferentes indican diferencia significativa entre tratamientos (P < 0.05).

4.4 DISCUSIÓN

En este estudio los mejores tratamientos que proporcionan una Temperatura Interna Promedio del nido (TIP), Temperatura Interna del Nido de Día (TIND) y Temperatura Interna del Nido de Noche (TINN) adecuada para el desarrollo de la cría de *S. mexicana* fueron los tratamientos: T₅ (MAF- CCM+PE- PCTRCAM) y T₁₁ (MPA-CCM+PE- PCTRCAM). Esto se explica en parte por las interacciones positivas que resulta de combinar material con propiedades térmicas aislantes (poliestireno expandible) en la construcción de cajas racionales (Horvath, 1994), y el recubrir los panales de cría recién transferidos con un material que imita la función que tiene el involucro, como es el caso de la cera de abeja *Apis Mellifera* L. La interacción de estas combinaciones impactaron positivamente en la temperatura interna del nido; lo que a su vez influyó en el desarrollo de la colonia mejorando los siguientes aspectos: Número de Celdas Construidas (NCCC), Número de Potes Totales Construidos (NPTC), Peso Final de la Cría (PFC) y Ganancia de Peso de la Cría (GPC). Como el caso de *Melipona subnitida* (Maia-Silva *et al.*, 2015) a la cual se le proporcionaron la mayor cantidad de condiciones favorables como temperatura alta y alimento, lo que

propicio el incremento de celdas de cría. También se ha observado que para el caso de *Nannotrigona testaceicornis*, alojadas en cajas con temperatura artificial durante un periodo invernal, esta logra mantener la producción de cría y reducir las actividades de termorregulación realizadas por las abejas durante el día o noche (Vollet-Neto *et al.*, 2011). Comparando los resultados obtenidos en las temperaturas del nido (TIND, TINN, TIP) en los tratamientos T₅ (29.052 ± 0.807) y T₁₁ (29.75 ± 0.896). Se observa que aunque no hubo diferencias significativas (P= 0.5367) entre estos dos tratamientos, en T₁₁ se obtuvieron los mejores resultados en relación a la temperatura interna del nido y desarrollo de la colonia expresado en un mayor número de celdas de cría (4956 ± 862) y potes de almacenamiento (52 ± 9). Estos resultados confirman que la termorregulación interna del nido es importante en los insectos sociales ya que de ella depende el desarrollo y la supervivencia de la colonia (Moritz y Southwick, 1992; Engels *et al.*, 1995). El rango de temperatura logrado (28.137-31.35 °C) en este tratamiento se atribuyó a que la caja racional MPA fue diseñada desde un inicio para *S. mexicana* y posee el volumen adecuado (4.3 L) para la especie. La interacción entre el volumen interno del MPA, el material con propiedades térmicas aislantes y la protección de la cría utilizando un molde de cera de *Apis mellifera* L. hacen de este tratamiento, uno de los mejores para la crianza de *S. mexicana*. El rango de temperatura que permite un buen desarrollo de la cría en las abejas nativas es de 31 a 32.3 °C (Roubik *et al.*, 1983), la temperatura optima es de 35 °C (Márquez-Luna, 1994). El resultado de temperatura del nido obtenido en este tratamiento se encuentra dentro del rango que ha sido calculado como adecuado para el desarrollo esta especie.

El incluir un material con propiedades aislantes (poliestireno expandible) en los modelos de cajas racionales (MAF, MPA) y el recubrir los panales de cría transferidos es vital para proporcionar un rango de temperatura adecuado para el desarrollo de la colonia de tamaño pequeño obtenidas por división artificial. La interacción de estos dos factores juega un papel importante en la termorregulación del nido. Esto se verifica claramente en los resultados obtenidos en los tratamientos T₇ (27.029 ± 0.806 °C) y T₁₁ (29.75 ± 0.896 °C); en donde el modelo de caja racional MPA es el mismo para ambos tratamientos. La diferencia radica en que en T₇ la caja racional no incluye material con propiedades aislante en su diseño; ni tampoco se recubre la cría con ningún tipo de material. Estas diferencias en los tratamientos originaron diferencias significativas en la temperatura interna del nido (P = 0.0220). Otras

especies de abejas sin aguijón responde de manera similar como es el caso de *Melipona colimana* que conserva una temperatura homogénea independiente de la temperatura ambiente si las condiciones de la cavidad son favorables (Macías-Macías *et al.*, 2011).

En el caso de la caja racional MAF fue diseñada para las especies *T. angustula* y *N. testaceicornis* (Fontana, 2014). En este experimento se modificaron sus dimensiones para adaptarla al comportamiento de *S. mexicana*. Su volumen final debido a las modificaciones fue de 5.3 L, ligeramente mayor al MPA. Debido a su volumen mayor, los resultados muestran el MAF modificado funciona adecuadamente para alojar *S. mexicana*, pero se requiere que la cría transferida sea recubierta con un molde de cera de abeja de *A. mellifera* L.. La caja racional MAF modificada y completamente de madera también proporcionó una temperatura adecuada al nido cuando los panales de cría fueron recubiertos con cera de abeja. El tratamiento en donde se registró la TIP del nido más baja fue en el tratamiento T₄ (MAF-CCM+PE- PCTSR). La TINN fue de 23.395 ± 1.504 y tuvo un efecto negativo en el Numero de Celdas de Cría Construidas (-496.44 ± 1110.6). Un rango de temperatura interna inadecuado provoca que las abejas inviertan la mayor parte de sus energías en construir estructuras de aislamiento, y un menor tiempo en recolectar néctar y polen que son esenciales para el desarrollo y sobrevivencia de la colonia (Roubik *et al.*, 1983; Roubik, 1989). Volleto-Neto *et al.*, (2015) indica que en el caso de *Scaptotrigona depilis*, temperaturas entre 26 a 34°C, no afectan la sobrevivencia de las cría; sin embargo temperaturas por debajo de 22°C o superiores a 38°C causan la mortalidad de la cría, por lo que es muy probable la perdida de las colonias de tamaño pequeño bajo estas condiciones.

Es importante señalar que el Modelo Ailton-Fontana (MAF) fue diseñado para *T. angustula* y *N. testaceicornis* (especies de tamaño pequeño) y aunque en este estudio el modelo fue modificado adicionando a su diseño original láminas de poliestireno expandible. Sin embargo, esta acción no fue suficiente para proporcionar una temperatura óptima para el desarrollo de colonias de tamaño pequeño de *S. mexicana* obtenidas por división artificial. Debido al tamaño mayor de volumen (5.3 L) que tiene el MAF, para el caso de *S. mexicana* se requiere que los panales de cría sean recubiertos con cera de abeja para obtener mejores resultados; tal como se observó en el tratamiento T₅ (MAF- CCM+PE- PCTRCAM) en donde se logró una de las mejores TIP del nido.

Las colonias alojadas en el MAF modificado con láminas de poliestireno expandible y sin recubrimientos en los panales, tuvieron los valores más bajos en las siguientes variables: Peso Final de la Cría, Ganancia de Peso de la Cría y Número de Celdas Construidas. Lo anterior se atribuye a la relación que estas variables tienen con la termorregulación del nido. Respecto a la variable cantidad de potes totales almacenado esta fue similar al resto de los tratamientos, esto se explica a que durante el periodo de estudio (primavera-verano), el aprovisionamiento de alimento no se ve afectado debido a que el flujo de néctar es abundante y es favorecido por la temperatura ambiente de día. Norgate *et al.*, (2010) observaron que para aquellas colonias de *Trigona carbonaria* con bajas temperaturas en el nido tuvieron una buena ganancia de peso; debido a la construcción excesiva de involucro o batumen, sin embargo hubo poco desarrollo de su cría.

Los resultados mostraron que la caja racional MAF construida exclusivamente de madera de 3.74 cm (2.54 cm + 1.2 cm) proporciona rangos adecuados de temperatura (27.896 - 29.598°C) para la cría alojada en su interior. Macías-Macías *et al.*, (2011) señalan que para *M. colimana* el control interno de la temperatura es mejor con un mayor espesor de las paredes en la cavidad. La combinación de uso del MAF y el recubrimiento de los panales con el molde de cera de *Apis mellifera* L. mejoran aún más el rango de temperatura interna del nido.

Las combinaciones de los tratamientos T₃, T₆, T₉ y T₁₂, no se recomiendan debido a que el recubrimiento en los panales de cría con moldes de poliestireno expandible es rechazado por las abejas. Al final del periodo de estudio se observaron mordeduras en este material, en respuesta a que la abeja intentaba manipular para llevar a cabo la termorregulación pasiva del nido.

4.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La Caja Modelo Portugal Araujo (MPA) modificada proporciona un rango de temperaturas adecuadas (25.323-28.736 °C) para el desarrollo de colonias de tamaño pequeño de *S. mexicana* obtenidas por división artificial. Sin embargo, el desarrollo de la colonia y el rango de temperatura mejora ligeramente (26.484-29.771 °C) si los panales de cría son recubiertos con cera de abeja *Apis mellifera* L.
2. La caja MPA modificada construida con paredes de madera y láminas de poliestireno expandible proporcionaron un mejor rango de temperatura (27.198-30.292 °C) para el desarrollo de colonias de tamaño pequeño de *S. mexicana* obtenidas por división artificial. El rango de temperatura mejoro ligeramente (28.137-31.358 °C) al recubrir los panales recién transferidos con un molde de cera de abeja *Apis mellifera* L.
3. La Caja Modelo Ailton-Fontana (MAF) aunque no fue diseñada para la crianza de *S. mexicana*; sin embargo los resultados muestran que el modelo modificado proporciona rangos adecuados de temperatura (27.896-29.598 °C) para el desarrollo de esta especie. Dicho rango de temperatura mejoró (27.973-30.132 °C) cuando la caja MAF se modificó adicionando a su diseño láminas de poliuretano expandible y recubriendo los panales de cría con cera de abeja europea.
4. No se recomienda utilizar la caja racional MAF-modificada con poliestireno expandible, sin colocar el recubrimiento de cera de abeja *Apis mellifera* L a los panales de cría recién transferidos; debido a que su volumen dificulta que las abejas mantengan un rango de temperatura adecuada para su desarrollo. El rango de temperatura obtenido (23.395-25.929 °C) con esta combinación pone en riesgo la sobrevivencia de la colonia.
5. No se recomienda utilizar poliestireno expandible para recubrir los panales de cría transferidos ya que las abejas lo rechazan e invierten energía en eliminarlo.

LITERATURA CITADA

- Arzaluz A., Obregon F., and Jones R. 2002. Optimum brood size for artificial propagation of the stingless bee, *Scaptotrigona mexicana*. *Journal of Apicultural Research*, 41(1–2), 62–63.
- Ayala R. 1999. Revisión de las abejas sin Aguijón de México (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Fol. Entom. Mex.*, 106.
- Biesmeijer J. C., and Slaa E. J. 2004. Information flow and organization of stingless bee foraging. *Apidologie*, 35(2), 143–157. <https://doi.org/10.1051/apido:2004003>
- Cortopassi-Laurino M., Imperatriz-Fonseca V. L., Roubik D. W., Dollin A., Heard T., Aguilar I., and Nogueira-Neto P. 2006. Global meliponiculture: challenges and opportunities. *Apidologie*, 37(2), 275–292.
- Engels W., Rosenkranz P., and Engels E. 1995. Thermoregulation in the nest of the Neotropical Stingless bee *Scaptotrigona postica* and a hypothesis on the evolution of temperature homeostasis in highly Eusocial bees. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 30(4), 193–205. <https://doi.org/10.1080/01650529509360958>
- Fontana A. 2013. Abella Jataí Transferencia Para Caixa - YouTube. Recuperado el 22 de enero de 2016, a partir de <https://www.youtube.com/watch?v=z9WLLS5R6hQ>
- Fontana A. 2014. Meliponicultura em Foco: Caixa Inteligente Modelo AF - Ailton Fontana. Recuperado el 17 de noviembre de 2016, a partir de http://melipofoco.blogspot.mx/2014/11/caixa-inteligente-modelo-af-ailton_1.html
- Guzmán-Díaz M., Balboa C., Vandame R., Albores M. L., y González-Acereto J. (2011) Manejo de las abejas nativas sin aguijón en México. *El Colegio de la Frontera Sur*. Recuperado a partir de <http://files.proadesch.webnode.mx/200000842-4e3ab4f34c/ECO%20Manual%20meliponicultura%202011ecosur.pdf>
- Halcroft M. T., Spooner-Hart R., Haigh A. M., Heard T. A., and Dollin A. 2013. The Australian stingless bee industry: a follow-up survey, one decade on. *Journal of Apicultural Research*, 52(2), 1–7.
- Horvath J. S. 1994. Expanded Polystyrene (EPS) geofom: An introduction to material behavior. *Geotextiles and Geomembranes*, 13(4), 263–280.
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Amatlán de los Reyes, Veracruz de Ignacio de la Llave. México.

- Jaffé R., Pope N., Carvalho A. T., Maia U. M., Blochtein B., de Carvalho C. A. L., and Imperatriz-Fonseca V. L. 2015. Bees for Development: Brazilian Survey Reveals How to Optimize Stingless Beekeeping. PLOS ONE, DOI:10.1371/journal.pone.0121157.
- Jones J. C. and Oldroyd B. P. 2006. Nest Thermoregulation in Social Insects. En *Advances in Insect Physiology*. Elsevier, pp. 153–191.
- Kwapong P., Aidoo K., Combey R., and Karikari A. 2010. Stingless Bees, Importance, Management and Utilisation. A Training Manual for Stingless Beekeeping. Unimax Macmillan LTD., Accra North, Ghana, Africa.
- Lóriga-Peña W., Álvarez-López D., Fonte-Carballo L., y Demedio-Lorenzo J. 2015. Población inmadura y reservas de alimentos en colonias naturales de *Melipona beecheii* Bennett (Apidae: Meliponini) como factores básicos para su salud. *Revista de Salud Animal*, 37(1), 47–51.
- Macías-Macías J. O., Quezada-Euán J. J. G., and González J. M. T. 2011a. Effect of lodging type on the internal temperature and humidity of colonies of *Melipona colimana* (Hymenoptera: Meliponini) from a Mexican temperate zone. *Journal of Apicultural Research*, 50(3), 235–241.
- Macías-Macías J. O., Quezada-Euán J. J. G., Contreras-Escareño F., Tapia-Gonzalez J. M., Moo-Valle H., and Ayala, R. 2011. Comparative temperature tolerance in stingless bee species from tropical highlands and lowlands of México and implications for their conservation (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Apidologie*, 42, 679–689.
- Macías-Macías J. O., Quezada-Euán J. Tapia-González J. M., and Conteras-Escareño, F. 2014. Nesting sites, nest density and spatial distribution of *Melipona colimana* Ayala (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) in two highland zones of western, México. *Sociobiology*, 61(4). <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v61i4.423-427>
- Maia-Silva C., Hrcncir M., da Silva C. I., and Imperatriz-Fonseca V. L. 2015. Survival strategies of stingless bees (*Melipona subnitida*) in an unpredictable environment, the Brazilian tropical dry forest. *Apidologie*, 46(5), 631–643.
- Márquez-Luna, J. 1994. Meliponicultura en México. *Dugesiana*, 1 (1): 3-13.

- Moo-Valle H., Quezada-Euán J. J. G., Navarro J., and Rodríguez-Carvajal L. A. 2000. Patterns of intranidal temperature fluctuation for *Melipona beecheii* colonies in natural nesting cavities. *Journal of Apicultural Research*, 39(1–2), 3–7.
- Moritz R. F. A., and Southwick E. E. 1992. *Bees as Superorganisms - An Evolutionary Reality*. Heidelberg, Germany: Springer. Recuperado a partir de <http://www.springer.com/us/book/9783642846687>
- Norgate M., Boyd-Gerny S., Simonov V., Rosa M. G. P., Heard T. A., and Dyer A. G. 2010. Ambient Temperature Influences Australian Native Stingless Bee (*Trigona carbonaria*) Preference for Warm Nectar. *PLoS ONE*, DOI:10.1371/journal.pone.0012000
- Pisté Mukul M. J. 2011. Caracterización y termorregulación del nido de la abeja sin agujón *Scaptotrigona mexicana* alojado en cavidades artificiales. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Sihochac, Champoton, Campeche, México.
- Quezada-Euán J. J. 2005. Biología y uso de las abejas sin agujón de la península de Yucatán, México (Hymenoptera: Meliponini), Universidad Autónoma de Yucatán., Mérida, México.
- Quezada-Euán J. J. G., de Jesús May-Itzá W., and González-Acereto J. A. 2001. Meliponiculture in Mexico: problems and perspective for development. *Bee World*, 82(4), 160–167.
- Quijano E., González-Acereto J., y Quezada-Euán, J. J. G. 2008. Desarrollo de divisiones de colonias de *Melipona beecheii* (Hymenoptera, Meliponini) a partir de tres tamaños de población. *Bioagrobiología*, 1(1), 4–11.
- Roubik D. W. 2006. Stingless bee nesting biology. *Apidologie*, 37(2), 124–143. <https://doi.org/10.1051/apido:2006026>
- Roubik, D W. 1989. *Ecology and natural history of tropical bees*. Cambridge University Press; Cambridge, UK. 514 pp.
- Roubik D. W., and Peralta F. J. A. 1983. Thermodynamics in nests of two melipona species in Brasil. *Acta amazonica*, 13(2), 453–466.
- Villanueva-Gutiérrez R., Roubik D. W., Colli-Ucán W., Güemez-Ricalde F. J., and Buchmann S. L. 2013. A critical view of colony losses in managed Mayan honey-

- making bees (Apidae: Meliponini) in the heart of Zona Maya. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 86(4), 352–362.
- Vollet-Neto A., Menezes C., and Imperatriz-Fonseca V. L. 2011. Brood production increases when artificial heating is provided to colonies of stingless bees. *Journal of Apicultural Research*, 50(3), 242–247.
- Vollet-Neto A., Menezes C., and Imperatriz-Fonseca V. L. 2015. Behavioural and developmental responses of a stingless bee (*Scaptotrigona depilis*) to nest overheating. *Apidologie*, 46(4), 455–464.