

Estandarización de protocolo para la división de nidos de la especie *Tetragonisca angustula* y evaluación de su adaptación a diferentes diseños de colmenas en La Mesa (Cundinamarca)

DENY JOHANA MARTÍNEZ CIFUENTES

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
ZOOTECNISTA

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
Facultad de Ciencias Agropecuarias
FUSAGASUGA, COLOMBIA

2015

Estandarización de protocolo para la división de nidos de la especie *Tetragonisca angustula* y evaluación de su adaptación a diferentes diseños de colmenas en La Mesa (Cundinamarca)

DENY JOHANA MARTÍNEZ CIFUENTES

Pasantía presentada como requisito parcial para optar al título de:
Zootecnista

DIRECTOR:

Víctor Manuel Solarte Cabrera
Biólogo, M Sc Ciencias-Biología

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
Facultad de Ciencias Agropecuarias
FUSAGASUGA, COLOMBIA

2015

DEDICATORIA

Le quiero dedicar este trabajo en primer lugar a DIOS quien ha sido el autor intelectual de este logro, quien me llevó por el buen camino y es el responsable de que pueda cumplir mis sueños.

A mi mamá y mi hermana quienes con su ánimo, esfuerzo, empuje y buen ejemplo, me ha enseñado que con esfuerzo y disciplina y responsabilidad se pueden cumplir las metas propuestas, y sus buenas palabras me ayudaron a no darme por vencida en ningún momento.

A mis amigos que con su alegría, bromas y compañía me hicieron más amenos mis años de universidad.

A mis profesores que con su esfuerzo y sabiduría me ayudaron en el proceso de aprendizaje y enriquecimiento intelectual.

Deny Johana Martínez Cifuentes

RESUMEN

El presente proyecto buscó elaborar un protocolo de división de colmenas para abejas de la especie *Tetragonisca angustula*, realizando la cría de abejas reinas para su posterior introducción dentro de la colmena, evaluando el crecimiento de la misma. También se buscó evaluar el comportamiento adaptativo de esta especie a diferentes diseños de colmenas y su producción dentro de las mismas, logrando identificar el mejor diseño de colmena donde serán más productivas y se obtendrán mejores resultados reproductivos de las mismas.

Es muy importante que las colmenas cumplan con los requerimientos zotécnicos de producción (elaboración de miel, cera, propóleo y polen), por consiguiente se buscó medir las variables climáticas dentro de los nidos o colmenas y compararlas con el medio exterior, además de realizar una comparación con los diferentes tipos de materias primas con las que se trabajarán las colmenas; en este caso se estudiaron las colmenas elaboradas con guadua y las colmenas racionales, y cómo estas intervinieron en los procesos productivos y reproductivos de las abejas.

Palabras Claves: reinas vírgenes, meliponicultura, reproducción de abejas, colmenas racionales.

ABSTRACT

The aim was to develop a protocol of hives division for *Tetragonisca angustula*, making breeding of queens for introduction into the hive, evaluating the growth of it. It also required to evaluate the adaptive behavior of this species to different designs and production of hives within them, and succeeded in identifying the best design of hive where they will be more productive and better reproductive results thereof will be obtained.

It is very important that the hives meet the livestock production requirements (production of honey, wax, propolis and pollen), therefore we sought to measure climate variables within the nests or hives and compare them with the external environment, in addition to making a compared to different types of raw materials from which the hives, in this case the hives made from bamboo and rational hives were studied, it will work and how are you involved in productive and reproductive processes of bees.

Keywords: virgin queens, meliponiculture, reproduction of bees, hives rational.

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	I
RESUMEN	II
ABSTRAC	III
CONTENIDO	IV
LISTA DE FIGURAS	VI
LISTA DE TABLAS	VII
INTRODUCCIÓN	VIII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	IX
JUSTIFICACIÓN	1
OBJETIVOS	2
1. MARCO REFERENCIAL	3
1.1 MELIPONICULTURA	3
1.2 HISTORIA DE LA EXPLOTACIÓN	3
1.3 Abejas angelita (<i>Tetragonisca angustula</i>)	3
1.3.1 Biología	3
1.3.2 Castas	4
1.3.3 Reinas	5
1.3.4 Producción reinas In vitro	5
1.3.5 Obreras	6
1.3.6 Machos	6
1.4 Reproducción	7
1.4.1 Enjambrazón	7
1.4.2 Vuelo nupcial	7
1.5 Reproducción de individuos	8
1.5.1 Cópula	9
1.5.2 Ovoposición y desarrollo del huevo	9
1.6 Colmenas	10
1.6.1 Colmenas naturales	10
1.6.2 Arquitectura del nido	11
1.6.3 Temperatura de los nidos naturales	14
1.6.4 Nidos o colmenas racionales	15
1.7 Traslado o trasiego de las colmenas	18
1.7.1 Cuidados básicos durante las divisiones	20
1.8 Marco conceptual	20
2. METODOLOGÍA	21
2.1 Ubicación y características agroclimatológicas	21
2.2 Metodología general	22
2.3 Elaboración suplemento alimenticio para las mini colonias	24
3. RESULTADOS Y DICUSIÓN	26
3.1 Objetivo N° 1: estudiar variables que influyen en la división de nidos de la especie <i>Tetragonisca angustula</i> obtenidos a partir	26

de la introducción de reinas vírgenes	
3.1.1 Protocolo para la cría de reinas de <i>T. angustula</i>	26
3.1.2 Protocolo de introducción de princesas a mini colonias de <i>T. angustula</i>	28
3.1.3 Resultados y discusión de la implementación del protocolo en campo	29 37
Discusión final del Objetivo 1	
3.2 Objetivo 2: Evaluar parámetros zootécnicos en la adaptación de abejas de la especie <i>Tetragonisca angustula</i> a dos diferentes diseños de colmena	38
3.2.1 Datos de productividad y desarrollo de los diferentes modelos de caja	38
3.3 Objetivo 3: Correlacionar variables climáticas con el comportamiento zootécnico de las abejas de la especie <i>Tetragonisca angustula</i>	43
4 CONCLUSIONES	47
5 RECOMENDACIONES	49
6 BIBLIOGRAFÍA	50
7 ANEXOS	53

LISTA FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Etapas del ciclo de desarrollo en <i>Trigona</i> Huevo, Alimento larval, Larva, Prepupa, Pupa y Adulto	8
Figura 2 Proceso de oviposición en <i>Trigona angustula</i>	8
Figura 3 Tubo de acceso de la colmena en <i>Trigona (Tetragonisca) angustula</i>	11
Figura 4 Entrada de un nido de <i>Melipona beecheii</i>	12
Figura 5 Batumen rodeando el nido de <i>Trigona (Tetragonisca) angustula</i> en caja tecnificada	12
Figura 6 Capas de involucro que rodean la cámara de cría en <i>Melipona beecheii</i>	13
Figura 7 Estructura del nido de <i>Melipona beecheii</i> donde se puede observar los potes de almacenamiento y la cámara de cría	13
Figura 8 Una cámara de cría con panales compactos horizontales y los diferentes estados larvales	14
Figura 9 Colmena en cja donde se observa el basurero	14
Figura 10 Caja horizontal	16
Figura 11 Caja vertical	16
Figura 12 Caja articulada	16
Figura 13 Colmena Uberlandia	17
Figura 14 Modelo Paulo Nogueira Neto	18
Figura 15 Ubicación de La Mesa en Cundinamarca (Colombia)	21
Figura 16 Pesos registrados en las colmenas completas de los diferentes modelos evaluados y sus repeticiones	40
Figura 17 Pesos registrados en las alzas de producción de los diferentes modelos evaluados y sus repeticiones	41
Figura 18 Promedio de temperatura interna de los diferentes modelos evaluados durante el día y la noche	44

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Estados inmaduros del ciclo de desarrollo	4
Tabla 2. Descripción de las labores de las obreras dentro de la colmena	6
Tabla 3. Descripción tratamientos	22
Tabla 4. Descripción tratamientos para los modelos de colmenas y repeticiones	23
Tabla 5. Tratamientos usados para el objetivo 2	25
Tabla 6. Materiales extracción de alimento	26
Tabla 7. . Materiales obtención material genético	27
Tabla 8. Observaciones del Lote de cría #1	30
Tabla 9. Variables a medir del Lote 1	30
Tabla 10. Proporciones alimento larvas y tipo de alimento	32
Tabla 11. División colmenas	32
Tabla 12. Primera revisión del Lote #2	33
Tabla 13. Segunda revisión del Lote #2	35
Tabla 14. Tercera revisión del Lote #2	36
Tabla 15. Variables medidas en el Lote #2	37
Tabla 16. Primer pesaje colmenas y alzas (05-08-2015)	38
Tabla 17. Segundo pesaje colmenas y alzas (06-09-2015)	39
Tabla 18. Tercer pesaje colmenas y alzas (26-10-2015)	39
Tabla 10. Pesaje colmenas completas	39
Tabla 20. Pesaje de las alzas de producción	40
Tabla 21. Variación porcentual final del peso total de la caja en los diferentes modelos	41
Tabla 22. Variación porcentual del peso final respecto al inicial en las alzas de producción de los diferentes modelos de colmena	42
Tabla 23. Promedio de temperatura interna de los diferentes modelos evaluados durante el día y la noche	43
Tabla 24. Promedios humedad relativa en diferentes modelos de colmena día- noche	45
Tabla 25. Matriz de correlación no paramétrica de Spearman	46

INTRODUCCIÓN

El término meliponicultura fue propuesto por primera vez en Brasil por Nogueira-Neto (1953) para denominar la cría o cultivo de abejas sin aguijón de la tribu Meliponini (Nates-Parra & Rosso-Londoño, 2013).

Las abejas sin aguijón presentan como característica anatómica principal la ausencia de un aguijón funcional. Comparado con otros grupos de abejas, la venación en sus alas es débil y son verdaderamente sociables. Con fines prácticos los meliponinos suelen ser divididos en dos grupos: meliponas y trigonas. Las meliponas (especies del género *Melipona*) se distribuyen en la región neotropical de América y cuentan con alrededor de 40 especies. Estas son abejas robustas con mucha pilosidad en el cuerpo. Las trigonas (géneros *Trigona*, *Scaptotrigona*, *Partamona*, etc.) presentan cerca de 20 géneros con más de 200 especies y están distribuidas en las áreas tropicales y subtropicales de todo el mundo, principalmente en el neotrópico. Estas abejas son pequeñas de cuerpo alargado, brillante y con escaso pelo (Enrríquez & Dardón, 2006).

Las abejas sin aguijón y las abejas melíferas son las únicas tribus de la superfamilia Apoidea que presenta especies con una organización altamente social. Las características que le otorgan este grado de organización social son: 1. formación de colonias permanentes capaces de dividirse indefinidamente; 2. entre los habitantes de la colmena se observa una división de castas según la función reproductiva que desempeñan: reina madre fértil, obreras y machos y 3. conviven varias generaciones dentro del nido (Enrríquez & Dardón, 2006).

Este trabajo consiste en establecer un protocolo de división de colmenas de las abejas de la especie *Tetragonisca angustula* por medio de la implementación de reinas vírgenes criadas *in vitro* en el laboratorio de la empresa Campo Colombia SAS, y por ende su reproducción para una obtención de pie de cría que permita su comercialización y posteriores estudios. Además, se busca evaluar la adaptación de esta especie a diferentes tipos de colmenas y encontrar una colmena que sea rentable económicamente y de fácil obtención para el apicultor y así disminuir gastos al momento de la producción de estas de manera intensiva.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Una de las razones por la cual se torna difícil su crianza es por el ataque de fóridos o mosca *Pseudoyocera* sp. y/o hormigas después del trasiego de las colmenas debido a que queda rastros de miel y polen dentro de las colmenas al momento de la transferencia (Rodríguez, 2006). También el escaso conocimiento de la biología reproductiva ha retrasado el desarrollo de tecnología apropiada para mejorar el cultivo (Enríquez, Yurrita, Aldana, Ocheíta, & Raúl Jáuregui, 2004).

En la actualidad una de las dificultades encontradas en la división de colmenas o nidos de las abejas *Tetragonisca angustula* conocida también como abeja angelita es su reproducción dado que los procesos naturales son muy demorados. Con este proyecto se busca obtener más información sobre el comportamiento reproductivo de esta especie y por ende establecer un protocolo de introducción de la reina virgen y división de los nidos, además de estudiar la adaptación de esta especie a colmenas y/o nidos elaborados con diferentes materias primas con el fin de maximizar la productividad de la especie minimizando su costo de montaje (Sanchez, 2015).

JUSTIFICACIÓN

Este proyecto se realiza con el propósito de poder establecer un protocolo que facilite la cría y división de abejas nativas de la especie *Tetragonisca angustula*, ya que actualmente se emplean métodos invasivos para capturar nidos o colmenas de esta especie, generando así que la misma esté en peligro de desaparecer, dado que las condiciones para su manejo no han sido bien establecidas, además está el problema de deforestación y predación causado por los explotadores tradicionales el cual ha generado un impacto negativo en la reproducción de estas abejas a nivel silvestre. Según Nates-P & Rosso (2013), en Colombia se cuenta con un total de 927 colonias de abejas sin aguijón al cuidado de meliponicultores ubicadas en colmenas y otro tipo de instalación, el 35% (26/75) de los meliponicultores tiene menos de 5 colonias, el 61% (46/75) menos de diez, y un solo meliponicultor está a cargo de más de 200 colonias. Bajo este contexto, se busca criar abejas nativas para su posterior comercialización y así disminuir el impacto ambiental que se está generando sobre esta especie, obteniendo también un beneficio productivo al aumentar el pie de cría y proporcionando un modelo de colmena que sea fácil de usar para los posibles aliados productores de la empresa, y que además sea de bajo costo.

OBJETIVOS

Objetivo general.

Avanzar en la estandarización de un protocolo para la división de nidos de la especie *Tetragonisca angustula* y evaluar su adaptación a diferentes diseños de colmenas en el municipio de La Mesa (Cundinamarca).

Objetivos específicos.

1. Estudiar variables que influyen en la división de nidos de la especie *Tetragonisca angustula* obtenidos a partir de la introducción de reinas vírgenes.
2. Evaluar parámetros zootécnicos en la adaptación de abejas de la especie *Tetragonisca angustula* a tres diferentes diseños de colmena.
3. Correlacionar variables climáticas con el comportamiento zootécnico de las abejas de la especie *Tetragonisca angustula*.

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 Meliponicultura

La meliponicultura es una actividad productiva que representa una oportunidad de ingresos para los productores de las zonas rurales (Domínguez, 2002). Esta técnica productiva consiste en la cría de abejas nativas sin aguijón las cuales están conformadas por dos líneas que son las meliponas y las trigonas; en la actualidad la miel y la cera de estas abejas es muy apetecida a nivel mundial ya que se les atribuye bondades medicinales, y por sus características organolépticas como lo son olor, color y textura. Debido al poco conocimiento de estas se puede estar perdiendo una gran oportunidad de negocio ya que su explotación es mínima en Colombia (Calderón, 2015).

1.2 Historia de la explotación

Algunas culturas indígenas americanas (Azteca, Maya, Andokes, Kayapos) desarrollaron diversos métodos con el fin de aprovechar sus productos y diseñaron colmenas sencillas para alojarlas y protegerlas de los enemigos naturales; productos como la miel, el polen y la cera eran extraídos sin causarles daño, para ser empleados con fines medicinales y alimenticios. Los Muisca del altiplano oriental de Colombia cultivaban abejas, se supone que ellos cultivaban abejas sin aguijón ya que la introducción de las melíferas (con Aguijón) se dio con la llegada de los españoles. En 1741 el jesuita J. Gumilla escribió sobre los indios del Orinoco y sus copiosas cosechas de miel, extraídas de los nidos de abejas sin aguijón, muy abundante en ese entonces (Forero, 2013).

Hay varias hipótesis del origen de estas abejas: una de ellas supone que su origen se remonta a Sur América (parte de Gondwana) basados en la distribución disyunta de algunos grupos, como resultado de la deriva continental. La presencia del fósil de *Cretotrigona prisca* y las diferencias entre la fauna neotropical y la fauna de abejas sin aguijón africanas apoyan esta hipótesis (Forero, 2013).

1.3 Abeja angelita (*Tetragonisca angustula*)

1.3.1 Biología

Las abejas sin aguijón son una tribu de la familia Apidae, del orden Hymenoptera. La tribu Meliponini se diferencia del resto de los miembros Apidae por su venación reducida en las alas anteriores y por poseer un aguijón atrofiado o no funcional (Morales, 2008).

Aunque la biología de las abejas sin aguijón (*Meliponini*) es similar a la de las abejas melíferas (*Apini*), también poseen muchas características únicas, principalmente en materia de la reproducción (Alves & Santos, 2009): las abejas sin aguijón presentan como característica anatómica principal la ausencia de un aguijón funcional comparado con otros grupos de abejas, la venación en sus alas es débil y son verdaderamente sociables (Enríquez & Dardón, 2006). Este es el único tipo de abejas nativas de América que poseen un comportamiento altamente sociable, poseen colonias numerosas y perennes, se reproducen por medio de enjambres y cuentan con diferenciación de castas (reinas, obreras y zánganos) y poseen una comunicación altamente desarrollada entre los miembros de la colonia (Nates, 2005).

Algo común de las abejas del género *Apis* y las abejas sin aguijón, así como en todos los demás insectos eusociales es que la reina es la que controla el sexo de los huevos que ella pone a través de la liberación controlada de esperma almacenada en la espermateca, mediante el cual los óvulos fecundados dan lugar a hembras (reinas u obreras) y los huevos no fecundados dan lugar a machos; las obreras, por su parte, no pueden aparearse, pero por lo general mantienen la capacidad de poner huevos no fertilizados de los cuales se obtendrán machos (Alves & Santos, 2009).

Tabla 1. Estados inmaduros del ciclo de desarrollo

Estado	Días
Huevo	6
Larva	10
Pupa	20

Tomado de Rodríguez (2006)

Desde la postura del huevo hasta su nacimiento se necesitan 36 días (Tabla 1). Cuando existen pocas obreras incubando puede haber nacimientos a los 40 días y cuando hay muchas obreras incubando se obtienen nacimientos a los 33 días (Rodríguez, 2006).

1.3.2 Castas

T. angustula poseen una estratificación bastante desarrollada, similar a *Apis mellifera*, la colonia de abejas está compuesta por: una reina, obreras y machos (Rodríguez, 2006). La determinación de castas en las abejas sin aguijón también es más variable que en las abejas melíferas. En la mayoría de los géneros de abejas sin aguijón, a excepción del género *Melipona*, las reinas se crían en celdas reales que son más grandes que las otras celdas. En estos casos la casta se determina morfológicamente, como es también el caso de las abejas de miel porque las larvas destinadas a ser reinas reciben una mayor cantidad de alimento larval de las obreras y los machos (Alves & Santos, 2009).

La estructura social de las abejas sin aguijón consiste en una reina que es normalmente la hembra reproductiva de la colonia, aunque se pueden presentar colonias donde existan dos o más reinas funcionales. La función de la reina es producir más individuos dentro de la colonia tanto obreras como machos y también otras reinas. Aunque no es algo totalmente probado se dice que las reinas de la mayoría de los meliponinos se aparean con un solo zángano, es decir que son monoándricas, a diferencia de *Apis mellifera* que se aparean con muchos zánganos que son poliándricas. De esta forma se puede observar que las obreras de meliponinos son hermanas completas y no existen subfamilias, a menos que la reina madre sea reemplazada y convivan durante un tiempo hijas de la reina vieja y de la reina nueva (Euán & Quezada, 2005).

Para las abejas eusociales, la comida es un factor que no solo determina la supervivencia sino también una serie de eventos que integra la estructura social y de población de la colonia, como el tamaño de la colonia, la diferenciación de castas y la producción sexual. Los aspectos tróficos son muy importantes; de hecho para muchos géneros de las abejas sin aguijón, la cantidad de alimento es el único factor responsable para la diferenciación de castas (Prato & Soares, 2013).

1.3.3 Reinas

La función de la reina consiste en depositar los huevos fértiles que dan lugar a las otras castas, por lo tanto su función es mantener viva la especie a la que pertenecen (Neto, 1997). La reina presenta el abdomen bien dilatado, pudiendo ser identificada a simple vista. Normalmente puede estar ubicada en el área de cría y realizando la postura dentro de los alveolos o estuches (Rovira, et al., 2005). En la colonia de la tribu Meliponini, de un modo general, las reinas pueden ser encontradas en las colmenas durante todo el año. Existen épocas en que pueden ser producidas en mayor número. Diversas especies en la tribu Trigonini aprisionan o encierran las reinas vírgenes en una construcción de cera conocida como celda de aprisionamiento o encierre. Tanto en Trigonini como en Meliponini algunas reinas vírgenes pueden sustituir a la reina de la colonia en caso de muerte de ésta, o enjambra junto o con parte de las obreras para fundar un nuevo nido, las demás son muertas o expulsadas por las obreras (Morales, 2008).

1.3.4 Producción reinas *in vitro*

La técnica *in vitro* de producción de reinas de abejas sin aguijón se realizó para permitir la producción de las colonias a gran escala, lo que permite su uso tanto ecológica y económicamente, y permitir un mayor estudio de la determinación de la biología y la casta de las abejas sin aguijón. Además, esta técnica ayuda con la preservación de las abejas sin aguijón, ya que estas son agentes polinizadores muy importantes (Baptistella, et al., 2012).

1.3.5 Obreras

Las obreras son de 4 mm de longitud, abdomen amarillo y tórax negro brillante, las patas posteriores poseen tibias negras con corbícula para recolectar el polen (Rodríguez, 2006).

Las obreras en meliponinos viven, en término medio en época de gran tarea, de 30 a 40 días y son de color casi blancas al salir de la celda; se oscurecen al pasar el tiempo. Durante la vida adulta desempeñan diversas funciones dentro de la colmena, siguiendo en forma relativa el siguiente orden de funciones: nodrizas, arquitectas (constructoras o reconstructoras del nido), soldados y pecoreadoras (Rovira, et al., 2005). El mayor porcentaje de los individuos de la colmena son las obreras quienes se encargan de las labores de construcción, alimentación de reina y larvas, defensa y acopio de recursos (Euán & Quezada, 2005).

Tabla 2. Descripción de las labores de las obreras dentro de la colmena

Función	Población obrera (%)	Edad (días)
Elaboración de cera y construcción	40-65	0- 35
Almacenamiento de polen	20-35	5-25
Limpieza y transporte de detritus	5-20	10-35
Recepción y deshidratación de néctar	25-30	20-45
Guardia-soldados	2-7	30-40
Pecoreo y procura de alimento	20-40	20-60

Tomado de Rovira *et al.* (2005)

1.3.6 Machos

Los machos son la parte reproductiva masculina de la colonia y en el caso de las abejas sin aguijón pueden desempeñar algunas funciones como la generación de calor en el área de la cría, la maduración de la miel y la producción de cera, los machos dentro de la colmena tiene un promedio de vida de 19 días (Euán & Quezada, 2005).

La producción de machos en una colonia de insectos sociales está influenciado por los factores extrínsecos relacionados con la periodicidad climática como la lluvia, la disponibilidad de los sitios de nidificación y los factores intrínsecos a la colonia, tales como la cantidad de alimento almacenado y tamaño de la población (Prato & Soares, 2013).

En algunas especies de abejas sin aguijón cuando la disposición de alimento es abundante, las obreras pueden ser estimuladas para poner huevos viables que conducen a la producción de machos junto con la producción de huevos haploides puestos por la reina fecundada, lo que resulta en el hecho de que la mayoría de

los machos se producen en periodos cortos, llamados periodos de producción de machos. Sin embargo la misma correlación entre alimento y la producción de machos se ha encontrado en *T. angustula*, pero en este caso todos los machos son hijos de la reina madre, las obreras son capaces de poner huevos tróficos, pero no reproductivos, lo cual sugiere que es otro el mecanismo que interfiere en la producción de machos (Prato & Soares, 2013).

1.4 Reproducción

En las abejas sin aguijón como en las abejas melíferas se reconocen dos tipos de reproducción: la reproducción individual que consiste en que la reina produce nuevos individuos para el mantenimiento de la colonia, y la reproducción social que consiste en la reproducción a nivel de la colonia (enjambrazón), cuando se establecen nuevas colonias (Enrriquez & Dardón, 2006).

1.4.1 Enjambrazón

La forma de perpetuarse en el tiempo de todas las especies animales es la reproducción. En el caso de las abejas el acto reproductivo también consiste en la unión de varios machos (zánganos) con una hembra (reina). Pero al ser una animal social que vive en colonias, lo realmente importante desde un punto de vista reproductivo es que una colonia pueda originar una o varias colonias hijas. La enjambrazón natural es el procedimiento mediante el cual se reproducen (dividen) las colonias de abejas, es decir, es el sistema de propagación de las abejas (Alvarez, et al., 2011). Este proceso involucra una abeja reina virgen y parte de las operarias de su colmena; algunas de las obreras dejan la colmena original y buscan un nuevo lugar adecuado para la construcción de una nueva colonia. Inicialmente recogen cerumen, miel y polen de la colonia madre para llevarlo posteriormente al sitio elegido para acondicionarlo y luego ocuparlo junto con una nueva reina virgen; las provisiones dependen de la colonia madre por un mes o más (Morales, 2008).

1.4.2 Vuelo nupcial

En las abejas meliponas las reinas vírgenes emprenden el vuelo nupcial entre los 3 y 8 días de edad. El vuelo nupcial de la reina junto con los macho *T. angustula* y *Melipona beecheii* tiene una duración promedio de ocho minutos, en algunas ocasiones las reinas vírgenes pueden realizar hasta dos vuelos nupciales consecutivos y cuando existe la presencia de machos fuera de la entrada de la colmena, la duración de vuelo nupcial es más corto. Una vez fecundada satisfactoriamente la reina, empieza a poner huevos dentro de dos a cinco días después del vuelo nupcial. Cuando se realiza el apareamiento el número de machos volando afuera de la colmena es mucho mayor que los días siguientes

después del apareamiento, es decir que la presencia de machos fuera de la colmena es completamente un mecanismo activado por feromonas. Los olores liberados por las obreras son importantes para la orientación de las nuevas reinas (Rodríguez, 2006).

1.5 Reproducción de individuos

Las abejas nativas depositan sus huevos en una celda construida con cerumen o en algunas especies como *Leurotrigona muelleri* en cera pura. El alimento larval (mezcla de secreción glandular, miel y polen) es depositado en las celdillas antes de la postura del huevo: éste se denomina aprovisionamiento masal (Morales, 2008).

Al igual que todos los himenópteros, el ciclo de desarrollo de las abejas pasa por las etapas de huevo, larva, prepupa, pupa y adulto (Figura 1). La duración depende de la especie que se esté trabajando. En las abejas del género *Trigona*, las obreras y los machos se desarrollan en el mismo tipo de celdas, mientras que las reinas tienen celdas de mayor tamaño. La producción de cría sigue una secuencia muy bien establecida, pero tiene unas variaciones entre especies: construcción de celdas, aprovisionamiento, postura del huevo y operculación de la celda. La mayor parte de los machos producidos en una colonia de abejas sin aguijón son hijos de obreras (Forero, 2013)

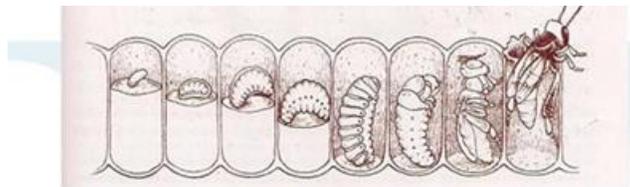


Figura 1. Etapas del ciclo de desarrollo en *Trigona* Huevo, Alimento larval, Larva, Prepupa, Pupa y Adulto
Fuente: (Forero, 2013)



Figura 2. Proceso de oviposición en *Trigona angustula*.
Fuente: (Forero, 2013)

En la Figura 2 se detalla el proceso de oviposición: a. El proceso de inicia con la construcción de celdas, que pueden durar varias horas dependiendo de la especie. Continúa con el aprovisionamiento de cada celda por parte de la obrera. b. Ocasionalmente con la presencia de la reina, una obrera deposita un huevo que sirve de alimento de la reina (huevo trófico), sigue luego por la postura de huevos

por la reina. c. Este es el momento culminante del proceso y se realiza en medio de gran agitación de las obreras. En algunas especies, antes de la oviposición la reina come el huevo depositado por la obrera. Inmediatamente después de la oviposición la reina se retira y una obrera opercula la celda (Forero, 2013).

1.5.1 Cópula

Ésta se da fuera del nido durante un vuelo de apareamiento. Los machos forman enjambres aéreos en áreas cercanas a los nidos, estos enjambres pueden consistir de cientos a miles de zánganos, donde entra la reina la cual copula con un macho.

1.5.2 Oviposición y desarrollo del huevo

El proceso de oviposición requiere de un ritual especial en cada celda. Éste comportamiento se conoce como Proceso de Aprovisionamiento y Oviposición (POP). El desarrollo de los individuos de la colmena (de huevo a adulto) se realiza dentro de una celda cerrada desde el momento en que se coloca el huevo y dura de 30 a 40 días. Según Enríquez & Dardón (2006) el POP se desarrolla de la siguiente manera:

1. Una obrera construye una celda en el borde del panal, la reina lo visita ocasionalmente y le da unos golpes en el vértex (frente) a la obrera.
2. Otras obreras cooperan con la ampliación de la celda.
3. Luego de 1 o 2 horas la celda está lista.
4. La reina permanece cerca de la celda mientras las obreras se tocan con las antenas.
5. La reina golpea a la obrera quien inserta su cuerpo en la celda.
6. Sucesivamente de 6 a 7 obreras descargan alimento larval dentro de la celda.
7. Sucesivamente varias obreras ponen un huevo trófico dentro de la celda y la reina se los come uno a uno y entonces ésta pone un huevo en posición vertical sobre el alimento larval.
8. Una obrera empieza a cerrar la celda y por último es sellada totalmente por otras obreras.

Se ha encontrado que la temporada reproductiva de las abejas *T. angustula* es cuando hay presencia de abundante alimento, es allí cuando las celdas de cría son producidas masivamente, la producción de machos se hace alta y por lo tanto la producción de obreras es baja. Aunque la producción de reinas no se ve afectada por estas condiciones, el éxito de apareamiento depende de la temporada. Según la producción de machos, mayor será el éxito del apareamiento y como consecuencia la reproducción de las colonias (enjambres); por lo tanto la

temporada de reproducción debe ser favorable para el desarrollo de una nueva colonia (Prato & Soares, 2013).

En general la reproducción de las abejas sin aguijón obedece a una secuencia que va desde la elaboración de los alvéolos o cámaras de cría donde serán depositados los huevos hasta el surgimiento del insecto adulto que luego desarrollará sus funciones dentro de la colmena (Schvesov, 2005).

1.6 Colmenas

1.6.1 Nidos o colmenas naturales

La colmena o nido contienen las crías y adultos protegiéndolos de los enemigos naturales y del clima, también sirve para almacenar el alimento. El tamaño de la colmena varía de una especie a otra, que van desde cientos hasta 50 mil o más individuos.

Los nidos de las abejas sin aguijón pueden ser expuestos o no expuestos. Los nidos no expuestos pueden ser establecidos en huecos naturales de árboles o dentro de la tierra, también usan nidos abandonados de algunas especies de termitas (*Nasititermis*) y de otros animales. Otras construyen sus nidos entre las raíces de los árboles o en las ramas grandes de los árboles. Otras especies como *Tetragonista angustula*, pueden anidar en bloques de cemento, en paredes en cajas u otros utensilios vacíos (Enríquez & Dardón, 2006).

El nido de la *T. angustula* es pequeño, aproximadamente de unos 20 cm de diámetro y se alojan en cavidades de árboles, paredes de casas, agujeros en el suelo, cajones, etc. La entrada de la colmena se caracteriza por tener forma de un tubo de 8 mm de diámetro y su longitud es muy variable, desde los 2 cm hasta los 20 cm. El nido está formado por una región de cría y una región de almacenamiento de miel y polen. La región de cría está formada por pequeños panales ubicados de manera horizontal uno sobre otro, rodeado por un laberinto de cámaras de cera llamado involucro. En los panales se distinguen dos tipos de celdas: las celdas hexagonales en que se desarrollan las obreras y los zánganos, y las celdas donde nacen las reinas. La celda donde nacen las reinas se ubican al contorno de los panales y su tamaño es aproximadamente de unos 8 mm (Rodríguez, 2006).

En la construcción y elaboración del espacio de los nidos, las abejas emplean diversos materiales de construcción. Enríquez y Dardón (2005) señalan que los materiales que emplean pueden ser:

- La cera pura: Este material es producido por las obreras y también por los zánganos, a través de unas glándulas localizadas en el dorso del insecto, entre los segmentos abdominales. Algunas especies como la *T. angustula* forman pequeños depósitos de cera dentro del nido como reservas. Este

material es utilizado para construir las celdas de cría y cuando lo mezclan con otros materiales construyen estructuras de protección para la colmena.

- Resina o propóleos, cerumen y geopropóleo: El propóleo o resina está constituido por las resinas vegetales colectadas por las abejas en plantas lastimadas o de las secreciones de las plantas que son llevadas a la colmena. Algunas especies almacenan este material en depósitos dentro de la colmena, también es utilizado para la defensa del nido, por su consistencia pegajosa. el cerumen es una mezcla de cera y resinas y el geopropóleo es una mezcla de barro y resina.
- Otros materiales: las abejas utilizan otros materiales, los cuales mezclan con la resina para la construcción de elementos de protección o soporte. Estos materiales pueden ser: barro, excrementos, material vegetal (hojas, fibras vegetales, semillas), entre otros.

La mezcla de cera y resina empleada por ciertas especies en la construcción del involucro que circunscribe a las cámaras de cría. El involucro es de estructura y aspecto foliado (capas superpuestas) que tiene por función el mantenimiento de una adecuada temperatura para el desarrollo normal de las larvas de las abejas (Rovira, et al., 2005).

1.6.2 Arquitectura del nido

Tubo de acceso: Estructura en forma de trompeta hecha de cerumen que se encuentra en los géneros de *Trigona*, *Scaptotrigona*, *Nanotrigona* y *Lestrimelitta*. Se considera que esta estructura permite controlar la humedad y temperatura del nido, además facilita la defensa del nido (Enrriquez & Dardón, 2006).



Figura 3. Tubo de acceso de la colmena en *Tretagonisca angustula* (Enrriquez & Dardón, 2006)

Entrada: El tipo de entrada depende de la especie de abeja, la cual puede ser construida con cera o cerumen agregando barro y arena. En algunos casos la entrada puede presentar algunos adornos, como es el caso de *Melipona beecheii*, quien construye con barro una estructura radiada. La entrada de la colmena es controlada por abejas guardianas para evitar el ingreso de depredadores (Enrriquez & Dardón, 2006).



Figura 4. Entrada de un nido de *Melipona beecheii* (Enrriquez & Dardón, 2006)

Batumen: Es una estructura que rodea al nido, de consistencia dura y que es elaborada con barro, material vegetal, cerumen y resinas. El batumen limita, refuerza, protege el nido (cámara de cría y potes de almacenamiento) y contribuye en la regulación de la temperatura y humedad del nido (Enrriquez & Dardón, 2006).



Figura 5. Batumen rodeando el nido de *Tetragonisca angustula* en caja tecnificada (Enrriquez & Dardón, 2006)

Involucro: Constituye una serie de láminas de cerumen que envuelven a la cámara de cría, protege la cría y reina de enemigos, además ayuda a la regulación de la temperatura y humedad del nido (Enrriquez & Dardón, 2006).



Figura 6. Capas de involucro que rodean la cámara de cría en *Melipona beecheii* (Enrríquez & Dardón, 2006)

Celdas de almacenamiento: También llamados potses o vejigas de alimento, son estructuras esféricas u ovaladas construidas con cerumen suave que están fuera de la cámara de cría y que son utilizados para almacenar polen y miel. Generalmente los potses se encuentran más cerca de las celdas de cría que los potses de miel (Enrríquez & Dardón, 2006).



Figura 7. Estructura del nido de *Melipona beecheii* (se puede observar los potses de almacenamiento y la cámara de cría) (Enrríquez & Dardón, 2006)

Cámara de cría: Está conformada por celdas de cría unidas lateralmente formando discos horizontales que constituyen los panales, las celdas son construidas con cerumen. Los panales están dispuestos uno sobre otro y separados por pequeños pilares para que las abejas se desplacen entre ellos. Los panales más antiguos están más abajo y sobre ellos se construyen los nuevos. Las celdas son utilizadas una sola vez, cuando la nueva abeja emerge, la celda es destruida y el material es reciclado dentro de la colmena. Las Trigonas producen dos tipos de celdas uno para zánganos y obreras y otro tipo más grande para las

reinas: estas celdas están dispuestas en la periferia de los panales (Enrríquez & Dardón, 2006).

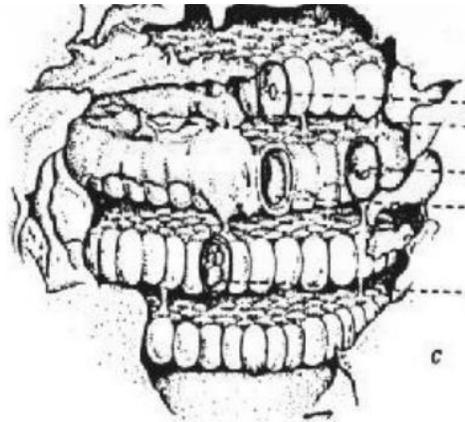


Figura 8. Cámara de cría con panales compactos (Enrríquez & Dardón, 2006)

Basurero: Es el lugar donde las abejas depositan los cuerpos de abejas muertas y los materiales no reciclables. Un grupo de abejas se encarga de recoger la basura y la llevan fuera de la colmena (Enrríquez & Dardón, 2006).



Figura 9: Colmena en cja donde se observa el basurero (Enrríquez & Dardón, 2006)

Columnas y pilares: Todas las estructuras en el interior del nido están conectadas y sostenidas por pilares y columnas de cerumen o propóleos (Enrríquez & Dardón, 2006).

1.6.3 Temperatura de los nidos naturales

Estudios realizados en 1973 (Wille, 1976) sobre el microclima o temperaturas de las colmenas de meliponas en diferentes áreas del nido y teniendo en cuenta las variaciones o fluctuaciones de temperatura sobre la parte externa del nido y el

medio ambiente señalan que la parte externa del nido fueron muy variables (externa 14.9 a 20.5°C, ambiente 15 a 26°C), mientras que la temperatura interna en la cámara de cría se mantuvo bastante constante y caliente, con un mínimo de 26.5°C y un máximo de 30.1°C. Varios investigadores han constatado una diferencia de 2 a 3°C de temperatura en el área de cría y todo el espacio de la colmena fuera del involucro (Rovira, et al., 2005).

1.6.4 Nidos o colmenas racionales

El empleo de colmenas racionales facilita la obtención y el manejo de las abejas nativas facilitando la cosecha de la miel, la división de los nidos, el manejo sanitario y las inspecciones periódicas de las colmenas.

Las colmenas racionales son empleadas por su fácil manejo y porque sirven para proteger a las abejas del ataque de los fóridos (*Pseudoyocera kerstesi*). Cuando sucede un ataque de éstos genera que las colonias se pierdan paulatinamente, hasta que sobreviene el abandono, aunque realmente la colmena ha muerto (Domínguez, 2002).

Actualmente existen varios modelos de cajas racionales, las más empleadas son aquellas cajas con divisiones o alzas y construidas con madera de buen grosor (2.5 cm preferiblemente) y bien seca. Lo importante de estas cajas es que ofrezcan a las abejas un espacio o sitio ideal, donde no sean afectadas sus condiciones zootécnicas debido a bajas temperaturas en las noches o durante el invierno y lo más importante es que sea de difícil acceso para las plagas y/o enemigos (Baquero & Stamatti, 2007).

Uno de los factores limitantes para la producción doméstica de las abejas meliponas en cajas es su biología específica y fundamentalmente la arquitectura variante del nido (Domínguez, 2002). Los panales de cría de los meliponinos se encuentran normalmente ubicados horizontalmente, con forma de discos apilados. Existen pequeños sostenes o pilares como separadores de varios discos que determinan el espacio o el lugar por donde las abejas se movilizarán, además de la reina en el proceso de postura y de obreras encargadas de la reparación de los alvéolos o celdas de cría (Rovira, et al., 2005).

Hay tres tipos de colmenas racionales empleadas:

1. Las cajas más empleadas son las horizontales. A veces poseen una separación entre los panales de cría y el alimento, dejando algunos potes en la parte posterior.



Figura 10. Caja horizontal (Morales, 2008)

2. Las cajas verticales imitan los nidos encontrados dentro de los árboles.



Figura 11. Caja vertical (Morales, 2008)

3. Las cajas articuladas facilitan la colecta de miel sin molestar a la cría.



Figura 12. Caja articulada (Morales, 2008)

Para las abejas angelitas las cajas deben tener un volumen aproximado de 8 litros y se caracterizan porque tienen un espacio especialmente diseñado para los potes de almacenamiento de miel, con lo cual se facilita su extracción; así mismo hay un espacio especial para la cría.

Las colmenas racionales generalmente constan de las siguientes partes:

- **Nido:** Es el cajón, sin tapa, ni piso, donde se aloja la cámara de cría. Normalmente es más grande que los otros cajones y en una de sus caras lleva un orificio de 1 centímetro de diámetro por donde entran las abejas.
- **Alza:** Es un cajón, sin tapa ni piso pero con unas varitas que sirven para dar soporte a los potes de miel que van colocados allí.
- **Piso:** Es una tabla de madera de gruesa (2.5 a 3 centímetros), encima de la cual se asienta el nido.
- **Tapa:** Es una tabla de madera gruesa, con dos alzas en la parte exterior para poderla manipular fácilmente. Se coloca encima de la última alza de la colmena (Parra, 2001).

Colmena Uberlandia (KEER)

Es una colmena muy sencilla que facilita la labor del meliponicultor y es de fácil construcción. A medida que el nido crece, se adicionan alzadas (Parra, 2001).

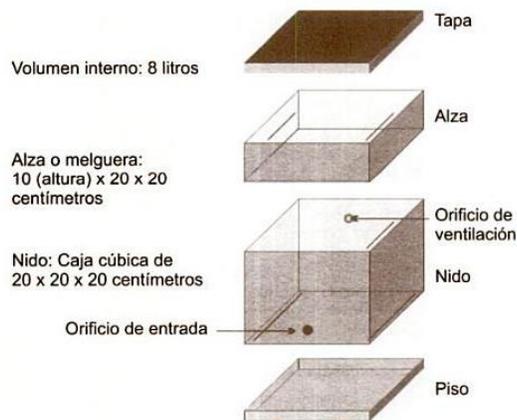


Figura 13. Colmena Uberlandia - KEER (Parra, 2001)

Modelo Paulo Nogueira Neto, 1970

Es una colmena con la cual se facilita mucho la extracción de miel. En Brasil es muy utilizada para abejas del género *Melipona*.

Para *Tetragonisca angustula*, las medidas internas según Parra (2001) son:

Nido (A): caja de 40 centímetros x 16 centímetros x 4 centímetros

B- plataforma: pieza de 25 x 16 x 2 centímetros
 b- plataforma pequeña (al lado de la cría): 9 x 6 x 2 centímetros
 C- tabal para cerrar el espacio de la cría: 20 x 12 x 2 centímetros
 D- tabla para cerrar el lado opuesto: 20 x 6 x 2 centímetros
 Orificio de 1 centímetro de diámetro para el tubo de entrada
 Madera debe ser de 2.5 a 3 centímetros de espesor.

Alzas (E): cada alza de 40 x 16 x 4 centímetros

F- 4 ó 5 varas de bambú para separar los potes de alimento

En cada alza va una plataforma grande para soporte de los potes de alimento.

Tapa (G): tabla de 40 x 20 x 2 centímetros

H- 3 ó 4 piezas de madera como refuerzo para la tapa (20 x 4 x 2 cm).

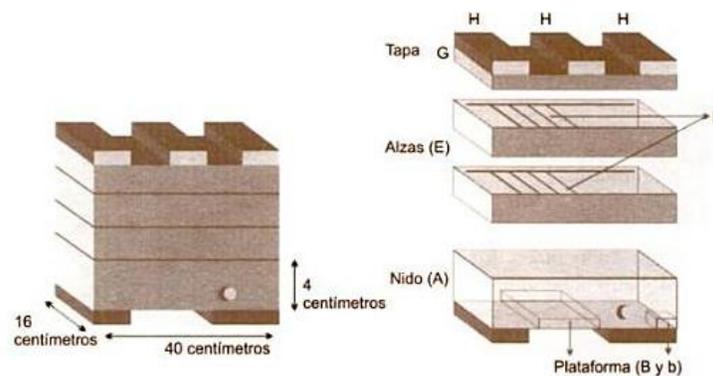


Figura 14. Modelo Paulo Nogueira Neto 1970 (Parra, 2001)

1.7 Traslado o trasiego de las colmenas

Antes de realizar las divisiones de las colmenas se debe tener en cuenta que las colmenas donadoras de panales y abejas se encuentren en un estado saludable, es decir, deben tener suficientes panales, abejas y reservas alimenticias, cerumen y una reina funcional. Además se debe realizar la división en épocas secas donde haya mayor cantidad de recursos alimenticios (néctar y polen) debido a las altas floraciones. Se recomienda hacer realizar las divisiones cuando los discos de cría están en localizados en la parte superior de la cámara de cría de las colmenas, con el fin de evitar manipular panales cerumen los cuales son demasiado frágiles y contienen el alimento larval de polen y/o miel (Guzmán, et al., 2011).

De acuerdo a Enríquez y Dardón (2006), el traslado de una colmena de tronco a caja se puede resumir en 10 pasos:

1. Una vez listo todo el material que se va a emplear debe sellarse la caja con cinta adhesiva, plastilina o barro por el lado de afuera para que los fóridos no entren fácilmente.

2. Se debe retirar la piquera de la entrada con cuidado para que no sea destruida o deformada, cortándola en la base donde es más firme; se debe guardar en un lugar seguro para posteriormente colocarla en el orificio de entrada de la nueva colmena, y al final de la transferencia del nido.
3. Hay que colocar el tronco en forma horizontal para evitar que las larvas se desprendan del líquido alimenticio en el cual están flotando. Abrir la cavidad del tronco con una sierra, cortando la madera de 90-95% para hacer una especie de ranura ancha (tapa) a lo largo del tronco.
4. Al abrir el nido debe removerse las capas de involucro que protegen a la cámara de cría. Es en este momento donde se procura capturar a la reina fisiogástrica que se encuentra merodeando dentro de la cámara de cría.
5. Retirar la cámara de cría completa rompiendo con un cuchillo filoso los pilares que sujetan los panales al tronco. Los panales nuevos (de color oscuro debido a el alimento larval), que se encuentran en la parte superior, no deben ser tocados porque son muy frágiles; se debe tratar de sujetar la parte inferior de la cámara de cría donde los panales viejos (con abejas próximas a salir y de color claro) que son menos frágiles.
6. La remoción de los potes de alimento debe hacerse de la manera más cuidadosa para evitar derrames y atraer fóridos, hormigas y abejas melíferas. Se debe tratar de retirar el conjunto de los potes de miel y polen de una sola vez con la ayuda de un cuchillo filoso rompiendo los pilares que lo sujetan a la pared del tronco.
7. Las reservas de propóleos deben ser transferidas a la nueva colmena ya que es empleada en la construcción y defensa del nido.
8. Luego que todos los materiales del nido han sido transferidos a la nueva colmena, la reina deberá ser colocada sobre los panales de cría. Inmediatamente tapar la colmena y sellarla perfectamente con barro, plastilina o cinta adhesiva.
9. Colocar la piquera en el orificio de entrada de la nueva colmena tecnicada para que las abejas se orienten y entren a su nueva morada.
10. La nueva colmena debe ser colocada exactamente en el mismo lugar donde se encontraba la colmena original, para que así no se desorienten las abejas que se encuentran pecoreando. Si se desea cambiar de lugar la nueva colmena se debe hacer durante la noche; cuando todas las abejas se encuentran dentro de la colmena.

1.7.1 Cuidados básicos durante las divisiones

Las divisiones deben ser controladas y/o monitoreadas constantemente para ayudarlas de ser necesario, es importante poner una pieza de cartón dentro de la colmena para tener una eficiencia en lo correspondiente al uso del espacio y también para mantener controlada la temperatura y poder tener una temperatura normal dentro de la colmena. Después de 10 o 15 días es necesario reforzar la división con un disco de cría, pues ya habrán emergido casi todas las abejas obreras y mientras se inicia la ovoposición de la abeja reina para mantener el equilibrio poblacional es necesario reforzar la división con discos de cría, también se hace necesario proporcionar alimento energético constante a la división (González, 2010).

1.8 Marco conceptual

Meliponicultura: Es el cultivo de abejas meliponas o abejas sin aguijón.

Enjambrazón: Es el procedimiento mediante el cual se reproducen (dividen) las abejas, además es un proceso que involucra una reina virgen y parte de las abejas obreras.

Aprovisionamiento masal: Es la forma de alimentación larval mientras están en las celdillas de postura.

Caja articulada: Las cajas articuladas son modelos prácticos que facilitan la colecta de la miel sin molestar la cría. Solamente la parte posterior de la caja, la cual contiene los potes de miel, es retirada del local, evitando así el ataque de las abejas africanizadas.

Involucro: Son láminas o membranas que recubren el nido de cría.

Monoandria: Apareamiento de la reina con un macho (meliponinos).

Poliandria: Apareamiento múltiple de la reina (*Apis mellifera*).

2. METODOLOGÍA

2.1 Ubicación y Características agroclimáticas

Esta pasantía se desarrolló en el municipio de La Mesa (Cundinamarca), ubicada en la provincia del Tequendama, a 62 Km al suroeste de Bogotá, cuenta con una altitud de 1200 msnm y una temperatura de 24°C.

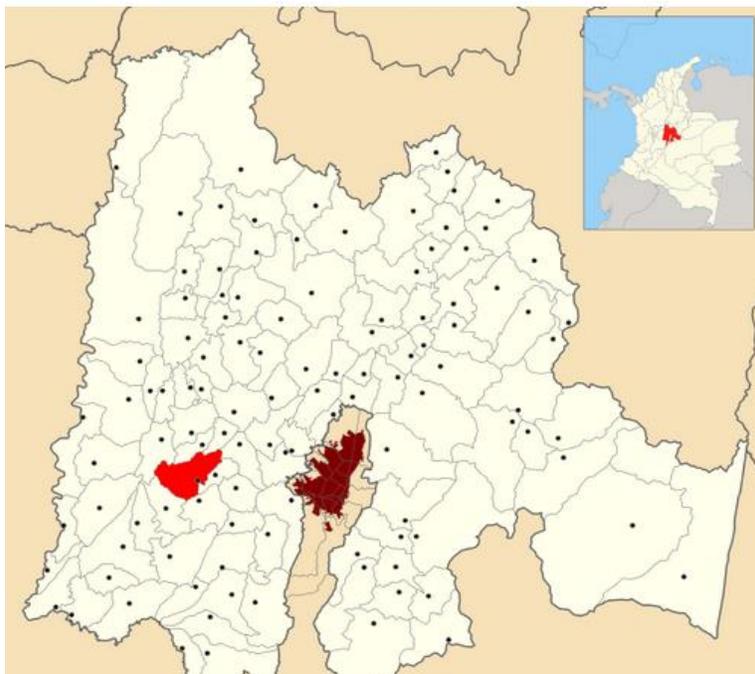


Figura 15: Ubicación de La Mesa en Cundinamarca (Colombia)

La finca de la empresa Campo Colombia SAS se llama AYNÍ y se encuentra ubicada en la Vereda La Esperanza, en el municipio de La Mesa (Cundinamarca). A 58 Km de Bogotá por vía pavimentada hasta la Inspección de La Esperanza y 400 m por vía destapada las instalaciones de los meliponarios. Sus coordenadas son N 4°41.635, W 74°25.816. Cuenta con un área de 10.000 m² con un clima templado con promedio anual de 22°C y una precipitación anual de 1600 mm.

Infraestructura y Equipos: Se emplearon abejas de la especie *Tetragonisca angustula* o angelita. En el laboratorio de la empresa se cuenta con:

- Incubadora para la producción de reinas
- Nevera
- Micropipeta
- Cajas de Petri
- Datalogger



Foto 1. Laboratorio de Campo Colombia SAS

Personal: Pasante y los dos socios de la empresa.

2.2 METODOLOGÍA GENERAL

Se trabajó con abejas de la especie *Tetragonisca angustula*, buscando establecer que la colmena de las abejas reinas sea igual que la de los discos, se trabajaron cuatro (4) tratamientos con dos repeticiones cada uno.

Tabla 3: descripción tratamientos

Tratamiento	Descripción
1	Liberación de una reina en la colmena sin periodo de adaptación
2	Liberación de una reina en la colmena con un periodo de adaptación de tres días
3	Liberación de dos reinas en la colmena sin periodo de adaptación
4	Liberación de dos reinas en la colmena con un periodo de adaptación de tres días

Periodo de adaptación: Este periodo se basa en la introducción de una abeja reina virgen en una cápsula con orificios para que las abejas obreras de la colmena se familiaricen con la fragancia de la abeja. Este periodo tiene una duración de 3 días; después de éstos la abeja será liberada en la colmena y posteriormente se observará el comportamiento de las abejas y crecimiento de la colmena.

Las variables a medir con estos son:

- **Tiempo del inicio de postura:** Es el tiempo transcurrido entre la liberación de la abeja reina en la colmena y el primer disco de huevos depositados por la abeja reina.

- **Número de discos de cría:** Se realizará mediciones del diámetro y la cantidad de discos dentro de la colmena que se empleará como una medida indirecta del crecimiento de la colmena y también para evaluar la actividad de la abeja reina dentro de la colmena.
- **Supervivencia de la colmena al final del ensayo:** Esta es la última variable a medir pues es al final del tratamiento se sabrá si fue viable o no al observar el número de colmenas que se lograron obtener con éxito en cuanto a los ensayos realizados.

Los tratamientos tuvieron una duración de tres meses en los cuales se realizaron observaciones semanalmente. Para la segunda parte del proyecto se probaron tres modelos de colmenas: dos en guadua, uno vertical y otro horizontal, y un modelo de colmena basado en Embrapa (Wolff, 2014) para meliponas. Se dejó una caja adicional vacía. Para cada tratamiento se hicieron dos repeticiones, las variables a medir fueron temperatura y humedad internas por dos meses correlacionándolas con las del ambiente, además se midieron las variables zootécnicas como son número de discos de cría cada dos semanas y su diámetro promedio, simultáneamente se observó el número de potes de miel y polen durante el mismo periodo, además de observó la disposición de los potes dentro de las colmenas, disposición o ubicación dentro de las mismas, como están organizados los potes de miel, cera, polen y los de cría.

Para el objetivo 3 se realizaron las mediciones de las variables climatológicas. Dentro de las colmenas de cada tratamiento se introdujo un datalogger en cada colmena, incluyendo las vacías, y se observaron las variables de cada colmena, de igual manera se correlacionó el comportamiento de las abejas en cada tratamiento y se realizó una comparación con el ambiente externo de la colmena y así se midieron las variables. Las mediciones externas se realizaron con una estación meteorológica móvil ubicada en la finca.

Tabla 4. Descripción tratamientos para los modelos de colmenas y repeticiones

Tratamiento	Descripción
1	Colmena en guadua vertical (2)
2	Colmena en guadua horizontal (2)
3	Modelo Embrapa modificada (2)
4	Colmena vacía (control) (1 Embrapa + 1 Guadua)

Esquemas colmenas (ver anexos)

Análisis de datos

Los datos se analizaron con estadística descriptiva. Las correlaciones de humedad relativa entre el ambiente y al interior de los diferentes tipos de colmenas, se realizó mediante la correlación no paramétrica de Spearman.

2.3 Elaboración suplemento alimenticio para las mini colonias

Alimento proteico o pan de abejas: este se puede preparar con un jarabe más líquido con una proporción 1:1, con o sin ácido cítrico. Además, se requiere lo siguiente:

- Soja: 50 gr
- Jarabe: 50 ml
- Polen de abejas nativas: 2 gr

Estos materiales se mezclan en frasco de vidrio, y se calientan con baño de maría al menos a 70°C, durante unos por 30 minutos. Posteriormente, se saca y se deja enfriar hasta que llegue a unos 30°C, se tapa con una servilleta y se pone en la incubadora por 15 días aproximadamente para que fermente a temperatura igual (30°C).

Alimento energético o jarabe: para su elaboración se requiere:

- Agua: 1 litro
- Azúcar: 2 kilos
- Ácido Cítrico: 1 gramo por cada kilo de azúcar

Se disuelve el azúcar en el agua y se calienta hasta llegar a los 80 °C, se mantiene a esa temperatura agitando continuamente. Luego se agrega el ácido cítrico, y se deja enfriar para re empacar en botellas u otro elemento de almacenaje higiénico y de fácil uso. Este jarabe se puede conservar en refrigeración, y usarse siempre y cuando no se fermente.

Nota: Las proporciones varían según la cantidad de agua empleada, es decir si se emplea dos litros de agua se duplica el azúcar y el ácido cítrico.

Para el objetivo 2 y 3 relacionados con los diferentes modelos de caja, se utilizaron tres diferentes modelos de caja detallados a continuación. En cada uno se dispuso de Dataloggers de temperatura y humedad tipo USB modelo D-171. Estos datos se contrastaron con los registrados externamente por una estación meteorológica básica wireless, marca Davis Instruments, modelo 6152. Los datos fueron tomados por tres meses, y se complementaron para su análisis con el peso de las colmenas (variable productiva).

Tabla 5. Tratamientos usados para el objetivo 2

Tratamiento	Repeticiones	Medidas	Observaciones
Colmena Embrapa Modificada	2	Internas: 12 cm Altura del alza: 6 cm	Adaptado del modelo propuesto para las especies de <i>Melipona spp.</i> De la amazonía según el trabajo de (Venturieri, 2008). (Ver Anexo 2)
Guadua horizontal	2	Diámetro interno promedio: 10 cm Ancho del área de cría: 12 cm Ancho/Largo total: 35 cm	Modelo desarrollado por la Compañía Campo Colombia SAS (Ver Anexo 1)
Guadua vertical	2	Diámetro interno promedio: 10 cm Ancho del área de cría: 12 cm Ancho/Largo total: 35 cm	Modelo desarrollado por la Compañía Campo Colombia SAS (Ver Anexo 1)
Control 1 (Embrapa modificada vacía)	1	Internas: 12 cm Altura del alza: 6 cm	Ver Anexo 2
Control 2 (Guadua modificada vacía)	1	Diámetro interno promedio: 10 cm Ancho del área de cría: 12 cm Ancho/Largo total: 35 cm	Modelo desarrollado por la Compañía Campo Colombia SAS (Ver Anexo 1)

Los datalogger estaban programados para tomar datos cada 30 minutos, y se dispusieron dentro de unas pequeñas mallas con el fin de protegerlos y que las abejas no los propolisaran en el tiempo que estos se encontraban dentro de las colmenas. (Anexo 7).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Objetivo N°1: Estudiar variables que influyen en la división de nidos de la especie *Tetragonisca angustula* obtenidos a partir de la introducción de reinas vírgenes.

Resultado esperado: Obtener un protocolo inicial para la división de las colmenas de abejas de la especie *Tetragonisca angustula*

Basados en el protocolo establecido por (Prato & Soares, 2013), para la producción *in vitro* de reinas de *Tetragonisca angustula*, fueron ajustados algunos parámetros y finalmente se planteó el siguiente protocolo.

3.1.1. Protocolo para la cría de reinas de *T. angustula*

Con este protocolo se busca adaptar una nueva alternativa de obtención de colmenas sin necesidad de intervenir en el medio ambiente, y así obtener nuevas colonias a mayor velocidad de lo que se producirían en un ambiente natural sin intervención humana. A su vez, se disminuye el impacto ambiental generado por la mala o inapropiada obtención del material genético del medio ambiente.

A continuación se dará el paso a paso para la obtención *in vitro* de reinas *Tetragonisca angustula*.

a. Extracción de alimento: para este paso se requieren los siguientes materiales:

Tabla 6. Materiales extracción de alimento

Material/Herramienta	Uso
Palanca de apicultura	Esta se emplea para abrir la colmena
Caja de Petri	En esta se depositarán los discos de cría
Navaja	Para separar los discos de cría
Micro pipeta	Usada para la succión del alimento larval depositado por las abejas en los discos de cría
Tubos Ependorf	En estos se depositará el alimento obtenido
Cinta de enmascarar	Esta se emplea para sellar las colmenas para impedir que entren plagas a la colmena

Una vez dispuestos los anteriores materiales y herramientas, se procede a abrir colmenas (preferiblemente con buena población, presencia de miel y polen, y robustez del nido) y extraer los discos de cría. Estos discos deben ser lo más jóvenes de la colmena, que normalmente se ubican en la parte inferior o superior

del área de cría. (Anexo 3). El número de discos dependerá del número de reinas que se desee obtener, considerando que aproximadamente cada reina requerirá el alimento depositado en 7 celdas de obreras normales (cada celda de obrera tiene más o menos 8 μ L de alimento larval y una reina requiere 55 μ L).

Se lleva el material (discos de cría jóvenes) extraído al laboratorio donde, con ayuda de la micropipeta, se extrae el alimento que hay en cada celda y se deposita en el tubo Ependorf. (Anexo 3).

Aunque es ideal realizar el montaje posterior el mismo día de la obtención del alimento, es posible almacenarlo en refrigeración para su posterior uso.

b. Obtención material genético:

El material genético (larvas que se convertirán en reinas), debe ser obtenido por aparte, considerando de igual forma que el anterior paso, la salud de la colmena. En este caso también se utilizan los discos más jóvenes de la colmena. Las larvas deben tener entre 5-10 días de haber sido ovopositadas en las celdas de los discos de cría (Anexo 3).

Se debe tener en cuenta que no se extraen estos discos de cría de las colmenas a las que ya se les sacaron discos para tomar el alimento larval, esto para evitar que la colmena genere algún tipo de estrés y debilitamiento de su población.

Es muy importante tener cuidado durante el transporte de los discos de cría para que estos no se golpeen o volteen, ya que las larvas podrían ahogarse y se perderían.

En este proceso se emplean los materiales y herramientas detallados en la Tabla 5.

Tabla 7. Materiales obtención material genético

Material/Herramienta	Uso
Palanca de apicultura	Esta se emplea para abrir la colmena
Caja de Petri	En esta se depositarán los discos de cría
Navaja	Para separar los discos de cría
Cinta de enmascarar	Esta se emplea para sellar las colmenas para impedir que entren plagas
Asa metálica	Esta se emplea para sacar y transportar las larvas hacia la placa acrílica de micro pozos.
Placa acrílica de micro pozos	En esta se depositan el alimento larval y las larvas que se criarán como las nuevas reinas. Cada pozo debe tener 1 cm de profundidad y 0.5 cm de diámetro.
Incubadora	Aquí se mantiene la placa con las larvas a 28 °C

El procedimiento inicia con el alistamiento de la caja de Petri donde irá la placa acrílica de micro pozos. Esta caja ofrece condiciones de higiene y ayuda a mantener un microclima alrededor de los pozos y las larvas.

En la placa acrílica de micro pozos se introducen con la micropipeta 50 µl de alimento en cada celda de la placa. (Anexo 3). Luego se toman los discos de cría y con la ayuda del asa metálica, y con mucho cuidado, se toma una a una cada larva de entre 1 y 2 mm de longitud y se deposita en los micropozos con alimento larval, cuidando de no girarlas o de sumergirlas demasiado para que no se ahoguen (Anexo 3).

Después de haber introducido todas las larvas dentro de la placa, se deposita una tapa de gaseosa limpia con unos 5 cm³ de agua dentro de la caja de Petri, al lado de la placa, y se le procede a tapar la caja de petri.

Se prepara la incubadora a una temperatura de 27 °C, y se introduce la caja de Petri con la placa y todo cerrado, y por último se cierra la incubadora.

A los 5 días, se sustituye el agua de la tapa por solución salina sobresaturada (2:1 Peso: Peso de sal y agua respectivamente).

c. Periodo de incubación

El periodo de incubación de las larvas dura entre 40- 45 días para obtener princesas adultas. (Anexo 3). Durante este periodo es recomendable hacer revisiones semanales para sustituir solución salina, verificar temperatura de la incubadora, y cualquier otra situación que se pueda presentar.

3.1.2. Protocolo de introducción de princesas a minicolonias de T. angustula

Las princesas o reinas sin fecundar deben contar con población que las asista en el momento de formar una nueva colonia. Para ello, una semana antes de que se dé la emergencia de las princesas, se deben preparar unas minicolonias (Anexo 3). En estas se disponen de discos de cría a punto de nacer (al menos dos), alimento (energético y proteico), y población de abejas jóvenes y adultas (200 aproximadamente). Esta minicolonia favorece el inicio de las nuevas colonias al contar con lo mínimo necesario.

a. Introducción

Durante la fase experimental se pudo corroborar que, al igual que lo recomiendan (Prato & Soares, 2013), el mejor método de introducción consiste en encerrar a las princesas en microtubos perforados, y sellados con una fina capa de cera de abejas. Esto con el fin de que la princesa se impregne de las hormonas y demás

olores de la colmena, y las obreras la vayan liberando, disminuyendo el riesgo de ataque por parte de estas.

Como se mencionó anteriormente, estas minicolonias tiene dispuesto alimento en tapas de gaseosa; 5 cm³ de jarabe y 1 gr de alimento proteico o pan de abejas.

El paso final es cerrar la entrada y tapar la caja.

b. Traslado de la colmena al meliponario

Las minicolonias se pueden mantener en condiciones protegidas como el laboratorio usado en este experimento durante una semana, y luego si llevarlas a campo. Este plazo permite a las abejas organizar el interior de las nuevas colonias, y a la princesa establecer una relación de dominio sobre la misma.

Trascurrido este tiempo se lleva a los meliponarios junto a otras colmenas, de donde puedan salir los machos que fecundarán las princesas vírgenes. Es importante que si la entrada de la caja fue cerrada con cinta, papel u otro material no degradable por las abejas, se retire para permitir el flujo de abejas.

c. Fecundación

Cuando se ha seguido el protocolo de cría de reinas y de su introducción a minicolonías, es factible llegar a establecer nuevas colonias a partir de estas reinas.

En el desarrollo de este experimento, de un total de 12 minicolonias montadas en dos ensayos, solo una llegó a tener reina fecundada como se expondrá más adelante. De esta manera se obtiene un porcentaje de efectividad del 8.3%, contrastando con los primeros ensayos de (Prato & Soares, 2013), desarrolladores de la técnica en Brasil. Quienes obtuvieron una efectividad del 13.3%. Las hipótesis manejadas para es bajo índice van desde la escasez o ausencia de machos, pasando por algún aspecto fisiológico o anatómico de las reinas, como también algún aspecto relacionado con la cantidad de población presente en la minicolonía.

3.1.3. Resultados y discusión de la implementación del protocolo en campo

Como fue establecido en la metodología (Tabla 3), se tenían 4 tratamientos variando el número de reinas usadas en cada minicolonía y el periodo de adaptación (con y sin). Para llevar a cabo estos tratamientos se llevaron a cabo dos lotes de producción de reinas *in vitro*.

a. Lote de cría N°1

Se realizó un primer lote de reinas el cual constó de 45 micropozos con larvas. De estos solo surgieron o nacieron 6 princesas (13%), éstas se depositaron en tres colmenas con dos sub tratamientos según la metodología planteada.

Tabla 8. Observaciones del Lote de cría #1

Fecha	Tratamiento	Colmena	# Discos de cría	Anexo 4 # Foto	Observaciones
12-05-2015	3	17	3		En esta colmena se introdujeron 2 princesas, las cuales se dejaron libres dentro de la colmena, en esta aceptaron 1 y la otra se extrajo para posteriormente introducirla en otra colmena.
12-05-2015	3	16	3	15	A esta colmena se le introdujeron 2 princesas libres dentro de la colmena, y las 2 fueron halladas muertas dentro de la colmena. Debido a esto se le introdujeron 2 nuevas princesas para continuar con las observaciones. Fue la única colmena sobreviviente con reina fecundada en la presente investigación.
12-05-2015	4	6	3	16	Se introdujeron 2 princesas encerradas, hubo liberación de las princesas por parte de las obreras, hubo la aceptación de 1 y a la otra la mataron y descuartizaron dentro de la colmena.

Nota: La princesa que se sacó de la colmena 17 se introdujo a la colmena 16 con otra princesa que se encontraba sin colmena. Para este tratamiento se dejó una princesa libre y otra encerrada al final.

Tabla 9. Variables a medir del Lote 1

# Colmena	Tiempo inicio de postura (días)	Números discos de cría un mes después de la introducción	Supervivencia de la colmena
6	0	0	-
16	30	1	100%
17	0	0	-

Observaciones y análisis

En este Lote el único tratamiento que logró dar inicio a una colonia viable fue el Tratamiento 3 en la Colmena #16 (Liberación de dos reinas en la colmena sin periodo de adaptación). La otra repetición del T3 y el T4, no lograron completar el proceso de fecundación.

Según literatura encontrada donde se realizaron pruebas *in vitro* con abejas de la especie *Friesomelitta varia*, en la cual realizaron pruebas con diferentes volúmenes de alimento (25, 30, 35, 40 y 50 μ l), tuvieron resultados parecidos a los de este proyecto, dado que las abejas reinas nacieron con bajo peso y más pequeñas que las reinas que se dan en el medio natural, y por consiguiente no obtuvieron nuevas mini colonias, dado que todas murieron. (Baptistella, et al., 2012)

En este lote también se pudo observar como las obreras rechazan a una de las princesas introducidas en la colonia y proceden a eliminarla. Según Mauro Prato, este comportamiento se da debido a que la princesa introducida en la colonia no tiene el aroma de la colonia y las obreras no la reconocen como reina, es por esto que es necesario hacer la introducción de las reinas obtenidas en laboratorio encerradas para que se impregnen del aroma y posteriormente pueda ser liberada dentro de la colmena. (Prato, 2012). Si bien el tratamiento que llegó a fecundarse (T3) no se encerró a las princesas, contradiciendo estas observaciones), es factible que una de ellas haya logrado colonizar a las obreras debido a su fortaleza, y gran movilidad dentro de la caja, lo cual fue constatado mediante las observaciones del presente trabajo. Esto pudo permitirle sobrevivir sin requerir el periodo de adaptación, lo que sin embargo resulta siendo riesgoso y poco aconsejable.

Si bien no fue posible pesar las reinas obtenidas *in vitro*, se observó que su tamaño fue inferior a 7 mm (Anexo 4), lo que es notablemente inferior al tamaño esperado en una reina de esta especie que puede llegar a medir 20 mm (2 cm) (Prato, 2010). Un factor determinante en el tamaño de las reinas puede ser la cantidad de alimento larval suministrado, por lo cual se recomienda el empleo de un volumen de alimento de 55 μ l, para que las reinas obtengan una mejor ganancia de peso y un tamaño normal. (Prato, 2012).

Otra hipótesis puede ser que en el momento en que se hizo este tratamiento hubiera pocos machos en el área y por ende no fuera la temporada más apta para fecundar.

b. Lote de cría N° 2

Para este lote se emplearon 3 tipos de alimento larval diferentes, pues aparte de emplear el alimento de *Tetragonisca angustula*, también se empleó alimento de las especies de *Scaptotrigona* y *Nanotrigona*, con el fin de observar si con estos alimentos también se podrían obtener reinas *T. angustula*. (Anexo 4).

La placa acrílica de micro pozos se dividió en tres compartimentos debidamente marcados con el alimento de cada especie, la proporción de posos por alimento fueron: (Foto: 20).

Tabla 10. Proporciones alimento larvas y tipo de alimento

Tipo de alimento	# de micropozos	Cantidad alimento por pozo	# princesas obtenidas	% Larvas vivas
<i>Tetragonisca angustula</i>	43	50 µl	12	28
<i>Scaptotrigona</i>	30	50 µl	0	0
<i>Nanotrigona</i>	27	50 µl	0	0

El día 3 de julio las reinas empezaron a emerger, el día 4 de julio se inició el proceso de traslado de las princesas a las colmenas. Para armar la colmena se recogieron discos de cría de otras colmenas, los cuales estaban a punto de emerger obreras, se prosiguió a sellar la colmena y a depositarles el alimento el cual se les dejó 1 gr de alimento proteico y 5 ml de jarabe.

Tabla 11. División colmenas

Fecha	Tratamiento	# colmena	# Discos de cría inicial	Anexo 5 # Foto	Observaciones
04-07-2015	4	1	2	21	En esta colmena se han introducido 2 princesas encerradas.
04-07-2015	1	2	2	22	Se introdujo 1 princesa de forma libre dentro de la colmena.
04-07-2015	1	3	2	23	Se introdujo 1 princesa, libre dentro de la colmena.

04-07-2015	1	4	2	24	Se introdujo 1 princesa dentro de la colmena en forma libre.
04-07-2015	3	5	2	25	Se introdujeron 2 princesas libres dentro de la colmena.
04-07-2015	2	6	2	26	Se introdujo 1 princesa encerrada a la colmena.
04-07-2015	2	7	2	27	Se introdujo 1 princesa a la colmena encerrada.
04-07-2015	1	8	2	28	Se introdujo 1 princesa libre dentro de la colmena.
04-07-2015	1	9	2	29	Se introdujo 1 princesa libre dentro de la colmena.

Una vez realizadas las minicolonias según protocolo adaptado, se realizaron dos observaciones posteriores para corroborar la supervivencia y desarrollo de las mismas.

Tabla 12. Primera revisión del Lote #2

Fecha	# Colmena	Reina fecundada	Anexo 5 # Foto	Observaciones
23-07-2015	1	No	30	Las princesas introducidas en esta colmena se liberaron de forma manual, una de las princesas se encontró muerta dentro de la colmena, y la otra continúa con vida. La colmena se encuentra en un buen estado.
23-07-2015	2	No	31	Se encuentra la princesa con vida, pero la población de obreras en su mayoría murió, a esta colmena se le introdujo un disco de cría para fortalecerla.
23-07-2015	3	No	32	Esta colmena fue retirada del tratamiento dado que la princesa como su población murió en su totalidad.

23-07-2015	4	No	33	Esta colmena presenta una gran población de obreras muertas, tiene viva su princesa, se procedió a fortalecerla con un disco de cría a punto de emerger.
23-07-2015	5	No	34	Las princesas fueron liberadas por las obreras, una de las princesas murió de igual forma su población de obreras, se procedió a fortalecer con discos de cría.
23-07-2015	6	No	35	Esta colmena fue retirada del experimento ya que tanto la princesa como su población murieron. La princesa no fue liberada.
23-07-2015	7	No	36	La princesa no fue liberada, la población como la princesa murieron.
23-07-2015	8	No	37	Se observa a la princesa, y la mayor parte de la población de obreras está mermada, por ende se procedió a fortalecer con discos de cría.
23-07-2015	9	No	38	Se observa a la princesa, pero se procedió a fortalecer la colmena dado que su nivel de población era muy bajo.

Observaciones y análisis

Ninguna de las princesas que se encontraron muertas fueron atacadas por las obreras, dado que no se encontró evidencia de violencia en estas, es decir no fueron descuartizadas y/o mutiladas.

Una de las hipótesis del porque las reinas aparecieron muertas, puede ser por la falta de alimento o el tipo de alimento proporcionado a las reinas.

Ninguna de las princesas fue fecundada al momento de esta primera revisión, esto puede deberse al tiempo de adaptación tanto de la reina como de las obreras de las colmenas, o la disponibilidad de machos, lo cual no pudo ser corroborada en este experimento.

Una de las hipótesis del porqué la población de obreras en las colmenas se encontró muerta es por la edad de los discos de cría. Cuando estos aún están muy jóvenes, la emergencia de las abejas obreras demora más retrasando procesos vitales de la colonia como la construcción de involucro (regulación térmica y de humedad), así como la búsqueda de recursos propios al exterior de la colmena.

Tabla 13. Segunda revisión del Lote #2

Fecha	# Colmena	Reina fecundada	Observaciones
05-08-2015	1	No	Se observa la princesa y el sellamiento de la entrada, hay poca población se procede a fortalecerla con discos de cría.
05-08-2015	2	-	La colmena en su totalidad murió.
05-08-2015	3	-	La colmena en su totalidad murió.
05-08-2015	4	-	La colmena en su totalidad murió.
05-08-2015	5	No	Nacieron nuevas obreras, se observa la princesa, y tiene cría emergente.
05-08-2015	8	No	No se observó la princesa, tiene cría por nacer y poca población de adultos.
05-08-2015	9	-	La colmena en su totalidad murió.

Observaciones y análisis

Las princesas continúan sin ser fecundadas, al parecer estas no se encuentran estimuladas a realizar vuelo nupcial, ya que en otras colmenas si están llegando machos, y se han observado vuelos nupciales en otras colmenas dentro del meliponario de la finca. Esto puede verse influenciado por la muerte de gran parte de las obreras dentro de las colmenas y que no hay las condiciones internas para que el vuelo nupcial se realice.

Tabla 14. Tercera revisión del Lote #2

Fecha	# Colmena	# Discos de cría	Reina fecundada	Observaciones
25-08-2015	1	-	-	La colmena en su totalidad murió.
25-08-2015	5	-	-	Hay presencia de obreras dentro de la colmena pero no se observó princesa.
25-08-2015	8	-	-	Se observa poca población adulta, aún hay cría por nacer, no se observó la princesa.

Observaciones y análisis

Todas las princesas criadas en forma *in vitro* que fueron introducidas en diferentes colmenas murieron.

Se debería realizar la división de colmenas o introducción de las princesas en colmenas donde ya hay una gran población de obreras jóvenes, para que el proceso interno sea el más adecuado y así mitigar la pérdida de colmenas obtenidas con este proceso.

Para garantizar la supervivencia de las colmenas se podría realizar un protocolo de cría de obreras, para así obtener un mayor número de estas y garantizar la efectividad de la colmena, dado que para obtener una colmena fuerte se necesita de una gran cantidad de obreras, entre 400 a 500, ya que estas son las encargadas de las labores de construcción, pecoreo, limpieza y organización de la colmena, además de la alimentación de la reina y las larvas. Según la literatura el mayor porcentaje de los individuos de la colmena son las obreras quienes se encargan de las labores de construcción, alimentación de reina y larvas, defensa y acopio de recursos (Euán & Quezada, 2005).

Tabla 15. Variables medidas en el Lote #2

# Colmena	Tiempo inicio de postura (días)	Números discos de cría un mes después de la introducción	Supervivencia de la colmena
1	0	0	0%
2	0	0	0%
3	0	0	0%
4	0	0	0%
5	0	0	0%
6	0	0	0%
7	0	0	0%
8	0	0	0%
9	0	0	0%

Discusión final del Objetivo 1

Aunque no se obtuvieron los resultados esperados con los montajes (solo una colmena viable del total de montajes realizados), se pudo comprobar que el protocolo adaptado de aquel realizado en Brasil es aplicable a Colombia y sus especies de *T. angustula*. No obstante es importante estudiar más a fondo aspectos como la cantidad de alimento larval, la disponibilidad de machos, y las proporciones de población de abejas obreras necesarias para iniciar nuevas colonias a partir de esta técnica.

Según la literatura la cantidad de alimento adecuado para la alimentación de las larvas durante la cría *in vitro* de estas es de 55 μ l, para que obtenga las características ideales de la especie para su introducción dentro de la colmena o mini colonia. (Prato, 2012). Sin embargo, esta cantidad podría requerir algún ajuste considerando las condiciones fisiológicas de las abejas colombianas, y el clima imperante.

Es importante establecer las épocas del año más adecuadas para realizar los montajes de las minicolonias con reinas producidas *in vitro*, ya que como ha sido establecido en otras investigaciones de este tipo, la disponibilidad de machos es vital en la etapa de fecundación, y esta puede llegar a variar en el año de acuerdo a condiciones climáticas que impactan en la disponibilidad de recursos alimenticios dentro de la colmena (Prato & Soares, 2013).

En la literatura se encuentra que para obtener una fecundación efectiva es recomendable realizar la cría de machos *in vitro*, y así sincronizarlos para obtener una reproducción eficaz, y un mayor número de estos para el proceso reproductivo. (Prato, 2012)

3.2. Objetivo 2: Evaluar parámetros zootécnicos en la adaptación de abejas de la especie *Tetragonisca angustula* a dos diferentes diseños de colmena

Una vez dispuestos los diferentes tratamientos y sus repeticiones según la metodología planteada, se realizaron dos tipos de mediciones; de los pesos como variable productiva y de desarrollo de los nidos, y de temperatura y humedad como variables que impactan indirectamente en el desarrollo de las colonias y su productividad.

3.2.1. Datos de productividad y desarrollo de los diferentes modelos de caja

En este paso se evalúa la adaptación de las abejas a dos tipos de diseños de colmenas, observando el peso de las colmenas como indicador de productividad y desarrollo del nido. (Anexo 6).

En total se realizaron tres tomas de datos tomando los pesos de cada una de las colmenas con nidos (6 en total; 2 por cada modelo evaluado); tanto del total de la caja, como la del segmento correspondiente al alza de producción (sitio donde se espera mayor acumulación de miel y polen).

Tabla 16. Primer pesaje colmenas y alzas (05-08-2015)

# Colmena	Peso colmena completa (Kg)	Peso alza de miel de la colmena (Kg)	Tipo de material de la colmena
7	1.22	0.46	Guadua horizontal
32	1.74	0.46	Embrapa modificada
33	1.80	0	Embrapa modificada
34	0.94	0.36	Guadua vertical
35	1.30	0.50	Guadua horizontal
36	1.32	0.46	Guadua vertical

Tabla 17. Segundo pesaje colmenas y alzas (06-09-2015)

# Colmena	Peso colmena completa (Kg)	Peso alza de miel de la colmena (Kg)	Tipo de material de la colmena
7	1.38	0.58	Guadua horizontal
32	1.84	0.54	Embrapa modificada
33	1.80	0.54	Embrapa modificada
34	0.98	0.38	Guadua vertical
35	1.48	0.62	Guadua horizontal
36	1.46	0.56	Guadua vertical

Tabla 18. Tercer pesaje colmenas y alzas (26-10-2015)

# Colmena	Peso colmena completa (Kg)	Peso alza de miel de la colmena (Kg)	Tipo de material de la colmena
7	1,32	0,62	Guadua horizontal
32	1,76	0,46	Embrapa modificada
33	2,62	0,60	Embrapa modificada
34	0,88	0,32	Guadua vertical
35	1,42	0,56	Guadua horizontal
36	1,52	0,56	Guadua vertical

El primer análisis realizado se basa en los pesajes de la colmena en su totalidad (área de cría y área de producción). Los datos consolidados de estos datos en las tres observaciones realizadas se encuentran en la siguiente tabla.

Tabla 19. Pesaje colmenas completas

Tipo de material de la colmena	Peso (Kg) colmena completa (05/08/2015)	Peso (Kg) colmena completa (06/09/2015)	Peso (Kg) colmena completa (26/10/2015)
Guadua horizontal	1,22	1,38	1,32
Embrapa modificada	1,74	1,84	1,76
Embrapa modificada	1,8	1,8	2,62
Guadua vertical	0,94	0,98	0,86
Guadua horizontal	1,3	1,48	1,42
Guadua vertical	1,32	1,46	1,52

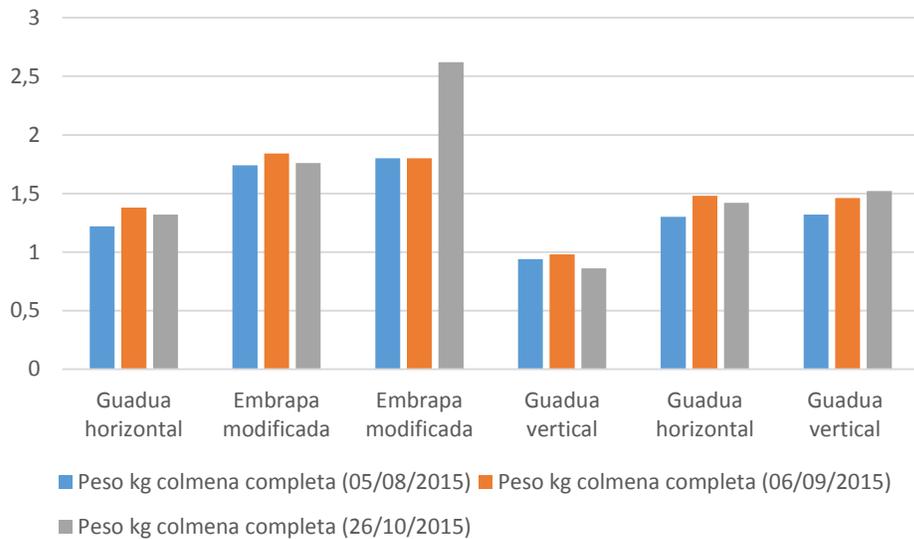


Figura 16. Pesos registrados en las colmenas completas de los diferentes modelos evaluados y sus repeticiones

Esta gráfica nos muestra la ganancia de peso total de cada modelo de colmena y su respectivo tratamiento, mostrando que los modelos de colmena Embrapa modificada presentaron un incremento en el último pesaje con respecto a los modelos de guadua. También se observa que en los modelos de guadua las colmenas en posición horizontal muestran tener una mayor ganancia de peso con respecto a las posicionadas verticalmente.

A continuación se analizaron los datos considerando únicamente los del alza de producción (miel más polen). Los datos consolidados están en la siguiente tabla.

Tabla 20. Pesaje de las alzas de producción

Tipo de material de la colmena	Peso kg alza de la colmena (05/08/2015)	Peso kg alza de la colmena (06/09/2015)	Peso kg alza de la colmena (26/10/2015)
Guadua horizontal	0,46	0,58	0,62
Embrapa modificada	0,46	0,54	0,46
Embrapa modificada	N.D.	0,54	0,6
Guadua vertical	0,36	0,38	0,32
Guadua horizontal	0,5	0,62	0,56
Guadua vertical	0,46	0,56	0,56

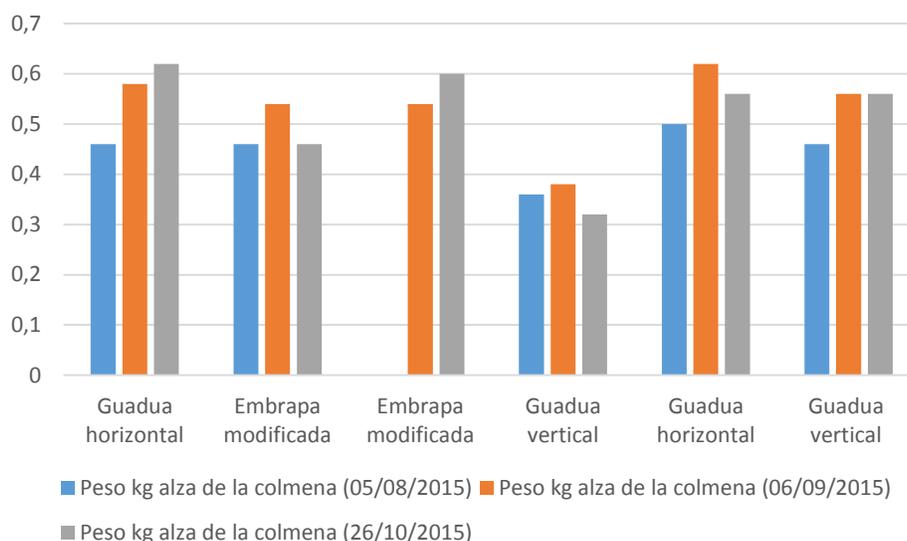


Figura 17. Pesos registrados en las alzas de producción de los diferentes modelos evaluados y sus repeticiones

En cuanto a la ganancia de peso de las alzas de producción, se observa en la gráfica que los modelos de colmena de guadua horizontal tienen una ganancia mayor con respecto a los modelos de Embrapa y los de guadua vertical.

Teniendo en cuenta que es en esta alza de la colmena donde se encuentra la producción de la misma (miel y polen), se puede decir que las del modelo de guadua horizontal son las que más se adaptan al tipo de producción y la que más ganancia en cuanto a producción generaría en una explotación. Los modelos de guadua vertical muestran alta eficacia para la producción en un meliponario. Una hipótesis para explicar este comportamiento puede deberse a que al tener un espacio más reducido para el nido, la colonia debe dedicar menos energía a la regulación del microclima de la misma, dedicando estos recursos a la acumulación de miel y polen.

A continuación se consolidaron los datos inicial y final de pesos, para establecer en forma absoluta qué modelo registró un mayor o menor incremento de peso a lo largo del experimento.

Tabla 21. Variación porcentual final del peso total de la caja en los diferentes modelos

Modelo de caja	Variación porcentual total del peso
Guadua horizontal	9%
Embrapa modificada	23%
Guadua vertical	3%

El modelo de colmena Embrapa muestra un porcentaje de ganancia de peso superior con un 23% respecto a los modelos de colmena de guadua, en cuanto a los tratamientos de los modelos de guadua, en estos la más eficiente en este caso fue el modelo de colmena de guadua horizontal con un 9% de ganancia de peso total, con respecto al modelo de guadua vertical la cual solo obtuvo un 3% de ganancia, haciendo notar que la colmena en posición horizontal es más efectiva.

En cuanto a los datos de las alzas de producción (Tabla 22), la tendencia cambió respecto a los datos de la colmena en su totalidad. Respecto al alza de producción (la más interesante desde la perspectiva productiva), se observa como el modelo de guadua horizontal registró un mayor incremento porcentualmente hablando, con un 23% respecto al peso inicial, frente a un 6% del modelo Embrapa modificado y un 5% del modelo de guadua vertical. Los resultados se explican en que debido a que el modelo Embrapa tiene un espacio interno mayor, tanto en área de cría como en área de producción, las abejas deben realizar un mayor esfuerzo de regulación térmica, resultando en más construcción de involucro en el área de cría.

Tabla 22. Variación porcentual del peso final respecto al inicial en las alzas de producción de los diferentes modelos de colmena

Modelo	Porcentajes peso modelo colmenas
Guadua horizontal	23%
Embrapa modificada	6%
Guadua vertical	5%

Todos los modelos y tratamientos de colmenas empleados en este proyecto mostraron una diferencia significativa en lo que respecta a la ganancia de peso, mostrando así que son efectivas y que producen buenos resultados siendo favorable su implementación en un meliponario.

3.3. Objetivo 3: Correlacionar variables climáticas con el comportamiento zootécnico de las abejas de la especie *Tetragonisca angustula*.

Para este objetivo se realizaron tomas de temperatura y humedad relativa dentro de los nidos de la especie *Tetragonisca angustula*, para determinar las diferencias

en cuanto a estas variables en los tipos de colmenas empleados en los tratamientos. Para la presentación y análisis de estos datos se optó por dividirlos en lapsos de 12 horas cada uno; es decir por separado día y noche y así poder obtener una información más completa sobre las variaciones que se miden en este objetivo. La toma de datos se inició el 28 de junio del 2015 y se retiraron el 27 de septiembre del 2015, para una recopilación de datos de 3 meses.

Para los análisis realizados a continuación es importante considerar que los dataloggers fueron ubicados afuera del involucro del área de cría debido a su tamaño. Por lo tanto, si bien los datos son de gran relevancia, no deben confundirse con aquellos que posiblemente variarían dentro del área de cría donde se encuentra el área de postura y nacimiento de nuevas abejas. (Anexo 7)

Los datos de la colmena de guadua vertical # 36 no se pudieron obtener dado que el datalogger colocado en su interior se dañó y no se pudieron descargar sus datos.

Tabla 23. Promedio de temperatura interna de los diferentes modelos evaluados durante el día y la noche

Modelos de colmena	Temperatura día (°C)	Temperatura noche (°C)
Ambiente	24,6	22,9
Caja vacía	25,1	22,9
Guadua vacía	25,4	22,4
Colmena guadua vertical	25,8	25,3
Colmena guadua horizontal	27,9	25,45
Colmena caja Embrapa	26,65	24,15

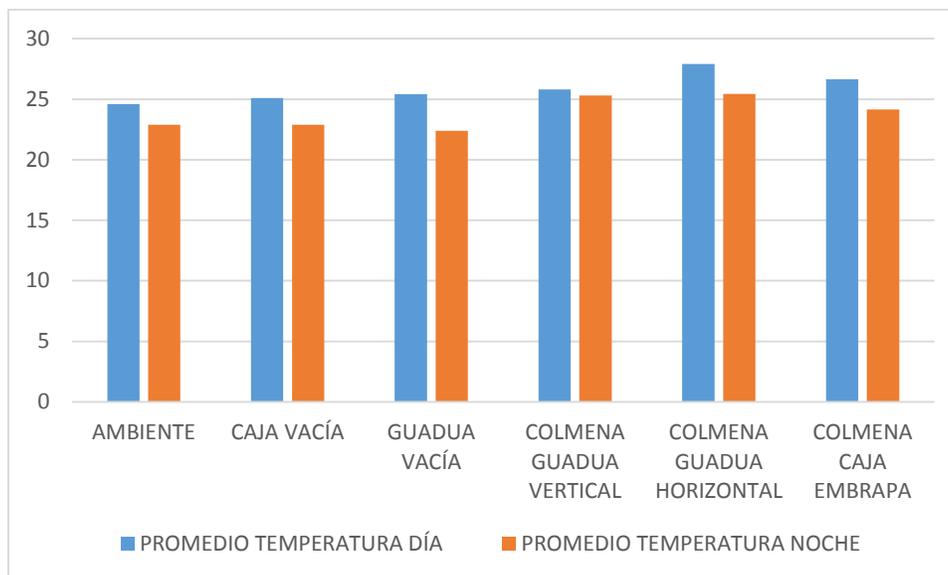


Figura 18. Promedio de temperatura interna de los diferentes modelos evaluados durante el día y la noche

En primer lugar es de resaltar que siempre la temperatura interna de las colmenas es superior a la medioambiental en el caso de aquellas ocupadas con nidos, e igual o superior cuando se trata de cajas vacías. Específicamente se resalta que la guadua vacía durante la noche es incluso ligeramente más fría que el ambiente, revelando una posible baja capacidad de retención de calor. El hecho de que las cajas ocupadas tengan siempre mayor temperatura comparada con el ambiente comprueba el efecto calefactor que tienen las abejas al interior de sus nidos.

A nivel de los diferentes modelos, la colmena de guadua en posición horizontal muestra la temperatura más elevada tanto en el día como en la noche. El modelo de colmena de guadua vertical muestra una similitud con la colmena vacía de guadua, pues su temperatura durante el día es igual al modelo vacío la única diferencia es que la temperatura durante la noche se mantiene, cosa que en la colmena vacía no sucede.

De los tres modelos evaluados la colmena de guadua vertical es la única que mantiene su temperatura igual en el día y en la noche, acercándose incluso a la que tendría una guadua vacía y tan solo un grado por encima del medio ambiente. Si bien no se obtuvo el dato de la repetición de este tratamiento, si es factible que el modelo vertical favorezca un flujo ascendente/descendente de aire caliente y frío respectivamente, lo cual hace que su temperatura no se eleve como en los demás modelos.

Según la literatura el microclima o temperatura de las colmenas de *Tetragonisca angustula* en diferentes áreas del nido y teniendo en cuenta las fluctuaciones de temperatura sobre la parte externa del nido y el medio ambiente, arrojan los siguientes datos sobre la temperatura interna (cámara de cría) las larvas son incubadas a una temperatura de 28 °C - 30 °C (Rodríguez, 2006).

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede concluir que los promedios de temperatura interna de las colmenas empleadas se acercan al ideal de esta especie, dado que el promedio de la temperatura para la colmena de guadua horizontal fue de 27,9 °C, para la colmena Embrapa el promedio fue de 26,65 °C. Por otro lado se observó que el modelo de guadua vertical tuvo un promedio de 25,8 °C, siendo esta la de menor efectividad en el control de la temperatura interna de la colmena.

Humedad Relativa

El análisis final del tercer objetivo específico se centró sobre la humedad relativa, otro de los parámetros medidos en los diferentes modelos y el medio ambiente, y que también es de importancia para el desarrollo de las colmenas. Al respecto se encuentran en la siguiente tabla los resultados consolidados para los diferentes tratamientos evaluados.

Tabla 24. Promedios y (\pm) humedad relativa en diferentes modelos de colmena día- noche

Modelos de colmena	Humedad Relativa día (%), (\pm)	Humedad Relativa noche (%), (\pm)
Ambiente	54,9 \pm 11,9	54,6 \pm 11,1
Caja vacía	60,6 \pm 4,1	58,0 \pm 3,8
Guadua vacía	59,7 \pm 3,3	57,6 \pm 3
Colmena guadua vertical	70,8 \pm 5,8	69,2 \pm 6,3
Colmena guadua horizontal	75,8 \pm 3,25	73,9 \pm 3,2
Colmena caja Embrapa	77,8 \pm 3,85	76,5 \pm 4,15

El primer resultado a resaltar es que las cajas ocupadas por nidos definitivamente ejercen influencia sobre la humedad relativa, siendo el modelo Embrapa el que mayor humedad retiene llegando en el día a 77,8%, lo cual está 22,9% por encima del promedio ambiental. Si bien no se ha estudiado a profundidad las ventajas o desventajas de tener una alta humedad relativa, lo que sí se sabe es que el ideal para esta especie oscila entre 93 y 91% (Cortopassi & Nogueira, 2003). Basados en esto podemos afirmar que el modelo de colmena caja Embrapa, es el que más se acerca a este ideal, y por lo tanto desde el punto de vista del control de la humedad relativa sería el más recomendable.

De los modelos empleados la colmena de guadua en posición horizontal presenta una menor desviación estándar en comparación a los demás. Esto es muy importante ya que la estabilidad en el microclima interno de las colmenas es bien sabido que es característica en los nidos silvestres, siendo por ello lo más deseable a nivel de domesticación y aprovechamiento zootécnico.

Estos datos comparados con los de los promedios de temperatura, arrojan que el modelo de colmena en guadua en posición horizontal es el que mejor control de temperatura maneja y es la que según (Wille, 1976) se aproxima a la temperatura natural de los nidos.

En proporción el modelo de guadua vertical es la que presenta una mayor humedad relativa en comparación con los otros modelos, esta presenta un incremento en la humedad relativa en la noche en comparación con el modelo de guadua horizontal el cual muestra que se mantiene tanto en el día como en la noche, el modelo Embrapa también muestra un incremento durante la noche pero no es muy marcado en comparación con el modelo de guadua vertical.

En este factor es nuevamente visible que el modelo Campo Colombia de guadua horizontal presenta una menor variación en la humedad relativa lo cual es positivo para el desarrollo de las colmenas.

Tabla 25: Matriz de correlación de Spearman

Variables	HR Amb	HR CV	HR Gva	HR Gve	HR GH	HR Col Em # 32	HR Col Em # 33
HR Amb	1	-0,336	-0,137	0,348	0,015	0,324	0,360
HR CV	0,020	1	0,617	0,237	0,787	0,665	0,608
HR Gva	0,351	<0,0001	1	-0,306	0,555	0,670	0,566
HR Gve	0,016	0,104	0,035	1	0,360	0,386	0,465
HR GH	0,918	<0,0001	<0,0001	0,012	1	0,817	0,831
HR Col Em # 32	0,025	<0,0001	<0,0001	0,007	<0,0001	1	0,936
HR Col Em # 33	0,012	<0,0001	<0,0001	0,001	<0,0001	<0,0001	1

P= menor a 0.05, presenta correlación positiva

La correlación entre HR ambiente P= 0.016 y HR guadua vertical con un coeficiente de 0.348, da como resultado una correlación positiva.

La correlación entre HR ambiente P= 0.012 y HR colmena Embrapa # 33 con un coeficiente de 0.360, da como resultado una correlación positiva.

La correlación entre HR ambiente P= 0.025 y HR colmena Embrapa # 32 con un coeficiente de 0.324, da como resultado una correlación positiva.

En este punto se puede evidenciar que a mayor HR del ambiente, también se presenta una mayor HR en las colmenas de guadua vertical y Embrapa.

4. CONCLUSIONES

- Para la obtención de buen material genético se deben adquirir las larvas de las colmenas más productivas y sanas para lograr conseguir larvas aptas para la producción de reinas sanas y nuevas colmenas ¹
- Desde el momento de la obtención de larvas para traslarve hasta su introducción a nuevas colmenas es muy importante el cuidado y/o manejo que se les dé a las larvas que posteriormente serán reinas.
- Es importante al momento de introducir a la princesa a una nueva colmena, que esta tenga un número alto de población u obreras ya que estas son de vital importancia, puesto que son las que le darán forma al nido y también se encargan de conseguir el alimento tanto para la reina como para las obreras jóvenes.
- Al momento de realizar un traslarve de cualquier especie de melipona es importante que el alimento que se les proporcione sea de su misma especie ya que sus requerimientos nutricionales son diferentes de una especie a otra.
- Es importante realizar los traslarves en épocas secas y con alta floración, ya que esto facilitará la colecta u obtención del alimento y la presencia de machos en el área para que ocurra un proceso de fecundación adecuado.
- Para evitar la muerte o colapso de las obreras en la división de la colmena, se recomienda poner obreras adultas o jóvenes prontas a volar y discos de cría prontos a nacer y así garantizar en cierto modo la supervivencia de la colmena.
- Se resalta que es importante complementar las recomendaciones y experiencias de este estudio, con otros posteriores sobre la disponibilidad (y posible cría *in vitro*) de machos, así como una profundización en la introducción de reinas vírgenes a minicolonias, y la proporción de obreras que esta debe tener para incrementar los porcentajes de efectividad de este método de reproducción artificial de colmenas.
- Los modelos Campo Colombia de caja para la especie *Tetragonisca angustula* en posición horizontal resultó ser el más eficiente en cuanto a los aspectos productivos y de microclima interno evaluados. Esto junto al hecho de ser elaborados en materiales al alcance de la mayoría de meliponicultores, y de fácil construcción, lo convierte en un modelo recomendable para el escalamiento de la cría de esta especie y el aprovechamiento de sus productos.

¹ Cuando se habla de producción de las colmenas, se tiene en cuenta el número de discos de cría, nivel de población (obreras), potes de miel y potes con polen; además que cuente con una reina funcional y no tenga presencia de fóridos u otras plagas.

- En cuanto al montaje de la colonia se debe tener en cuenta la cantidad de obreras que se introduzcan, ya que no debe ser menor a los 500 individuos, los cuales estén estratificados por edades, desde larvas hasta obreras adultas que vuelen o estén prontas a hacerlo.

5. RECOMENDACIÓN

En consecuencia a los resultados obtenidos se determinó que el protocolo empleado no es el indicado, por lo tanto se recomienda ajustar el protocolo de cría de reinas In vitro en la especie *Tetragonisca angustula*, dado que hay que mejorar el proceso de traslarve, alimentación e inclusión a colmenas nuevas.

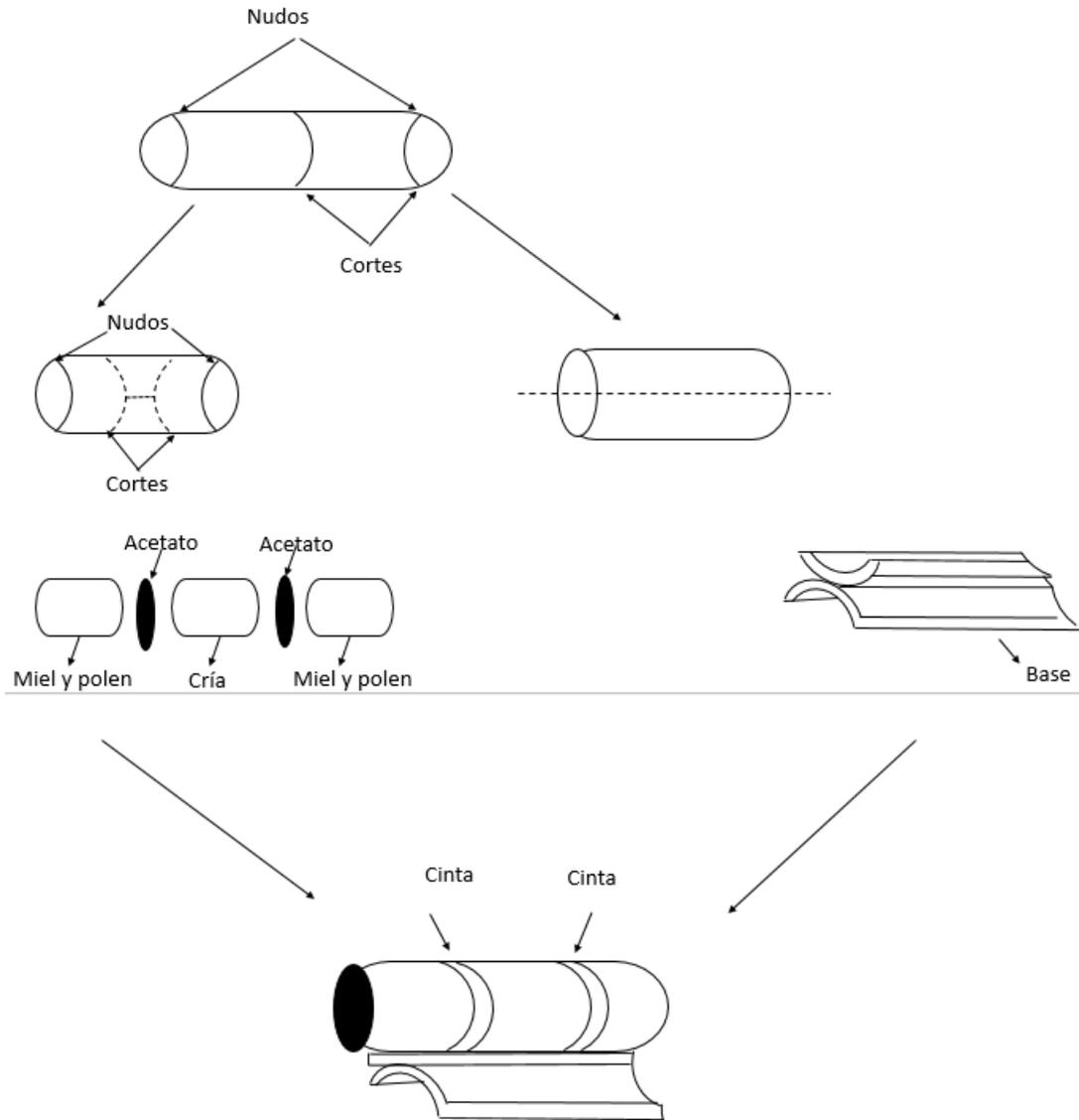
6. BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, F. P., Serrano, J. M., & Cabanes, F. C. (Abril-Junio de 2011). La Enjambración. Córdoba, Córdoba: El Colmenar.
- Alves, D., & Santos-Filho, V. I.-F. (9 de Junio de 2009). Production of workers, queens and males in *Plebeia remota* colonies (Hymenoptera, Apidae, Meliponini), a stingless bee with reproductive diapause. Sao Paulo, Brasil: Online Journal GMR: Genetics and Molecular Research.
- Baptistella, A. R., Sousa, C. C., Soares, Santana, W. C., & Egea, A. E. (2012). Techniques for the In Vitro Production of Queens in Stingless Bees (Apidae, Meliponini). *Sociobiology Vol 59*, 297-310.
- Baquero, L., & Stamatti, G. (Julio de 2007). Cría y manejo de abejas sin aguijón. Tucumán, Argentina: Subtrópico.
- Calderón, H. (2015). *Agencia de noticias Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de Agencia de noticias Universidad Nacional de Colombia: <http://historico.unperiodico.unal.edu.co/ediciones/102/10.html>
- Cortopassi-Laurino, M., & Nogueira-Neto, P. (2003). Notas sobre a bionomia de *Tetragonisca weyrauchi schwarz*, 1943 (Apidae, Meliponini). *SciELO*, 643-650.
- Domínguez, D. A. (Diciembre de 2002). Validación de dos modelos de colmenas MARIA y UTOB con abejas sin aguijón *Melipona beecheii* y *Tetragonisca angustula*, en El Paraíso, Honduras. Honduras: Trabajo de Grado para optar al Título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciatura.
- Enríquez, E., Yurrita, C. L., Aldana, C. H., Ocheíta, J., & Raúl Jáuregui, P. C. (Octubre de 2004). Desarrollo de la Crianza de Abejas sin Aguijón – Meliponicultura-para el Aprovechamiento y Comercialización de sus Productos, como una Alternativa Económica Sustentable en el Área de El Trifinio, Chiquimula. Guatemala .
- Enríquez, M., & Dardón, C. Y. (Febrero de 2006). Manual Biología y reproducción de abejas nativas sin aguijón. Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Euán, J., & Quezada, J. G. (2005). Biología y uso de las abejas sin aguijón de la península de Yucatán, México (Hymenoptera: Meliponini). Yucatán, México: Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán.
- Forero, C. R. (Agosto de 2013). Sistema de producción apícola . Bogotá, Colombia.

- González, A. C. (Febrero de 2010). Manual para productores sobre el manejo de las abejas sin aguijón. Veracruz: Trabajo de grado, Programa Médico Veterinario y Zootecnista, Universidad Veracruzana.
- Guzmán, M., Balboa, C., Vandame, R., Albores, M. L., & Acereto, J. G. (Mayo de 2011). Manejo de las abejas nativas sin aguijón en Mexico: *Melipona beecheii* y *Scaptotrigona mexicana*. México: El Colegio de la Frontera Sur.
- Morales, J. C. (2008). ¿Cuáles son los beneficios de la abeja melipona y que productos se obtienen de la abeja melipona a nivel regional, nacional e internacional? México, México: Asignatura Principios y Técnicas de Investigación, facultad de Contaduría y Administración, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Nates-Parra Giomar, J. M. (Diciembre de 2005). Meliponicultura: una actividad generadora de ingresos y servicios ambientales. Bogotá: LEISA Revista de agroecología.
- Nates-Parra, G., & Rosso-Londoño, J. M. (Septiembre de 2013). Diversidad de abejas sin aguijón (Hymenoptera:Meliponini) utilizadas en meliponicultura en Colombia *acta biológica Colombiana* 18(3):415-426.
- Neto, P. N. (1997). *Vida e Criação de Abelhas Indígenas Sem Ferrão*. São Paulo, Brasil: Nogueirapis.
- Pampa, F. (31 de Octubre de 2013). Trasegando, trasegando y creando experiencia.
- Parra, G. N. (2001). guía para la cría y manejo de la abeja angelita o virginita *Tetragonisca angustula* Illiger. Bogotá, Colombia: área de Ciencia y Tecnología y área de Cultura Convenio Andrés Bello.
- Prato, M. (2010). Ocorrência natural de sexuais, produção in vitro de rainhas e multiplicação de colônias em *Tetragonisca angustula* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). Ribeirão Preto- SP, Brasil.
- Prato, M. (2012). Técnica produz abelhas rainhas da espécie jataí in vitro. Brasil.
- Prato, M., & Soares, A. (2013). Production of Sexuais and Mating Frequency in the Stingless Bee *Tetragonisca angustula* (Latreille) (Hymenoptera, Apidae). Sao Paulo, Brasil: Sociedad Entomológica de Brasil.
- Rodríguez, R. E. (Diciembre de 2006). Evaluación de la adaptación de la abeja *Tetragonisca angustula* Latreille (Hymenoptera: Apidae:Meliponinae) en cámaras artificiales. Guácimo, Costa Rica: Trabajo de grado para el título de Ingeniero Agrónomo con el grado de Licenciatura, Guácimo, Costa Rica.
- Rovira, C. E., Tschirsch, J. P., & Schvezov, C. E. (Febrero de 2005). Características y cría de las yatei y otras meliponas. Posadas, Misiones, Misiones: CEDIT.
- Sanchez, O. A. (Marzo de 2015). Reproducción In Vitro *Tetragonisca angustula* .

- Venturieri, G. (2008). *Caixa para a Criação de Uruçu-Amarela Melipona flavolineata (Friese, 1900)*. Belem (PA) - Brasil: EMBRAPA.
- Wille, A. (1976). Las abejas jicotes del género *Melipona* (Apidae: Meliponini) de Costa Rica. Costa Rica, Costa Rica: Revista de Biología Tropical.
- Wolff, L. F. (2014). Tesis doctoral; Sistemas Agroforestales Apícolas: instrumento para la sustentabilidad de la agricultura familiar, asentados de la reforma agraria, afrodescendientes quilombolas e indígenas guaraníes. Córdoba.

7. **Anexo 1:** Esquema colmena elaborada con guadua (Modelo Campo Colombia)



Anexo 2: Modelo colmena racional (Pampa, 2013)



Anexo 3: Protocolo cría de reinas



Foto 1: obtención discos de cría para obtención del alimento



Foto 2: Vista discos de cría



Foto 3: Discos de cría con alimento



Foto 4: Micropipeta





Fotos: 5, 6, 7: Extracción y almacenamiento del alimento

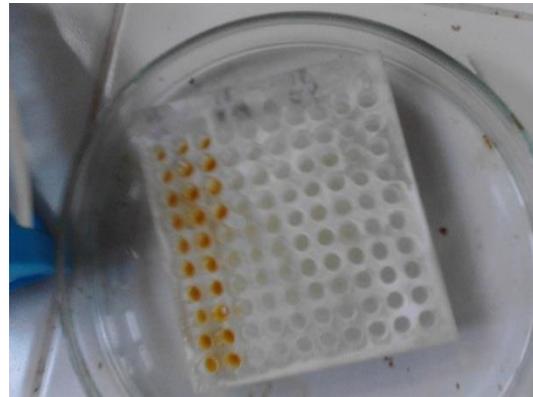
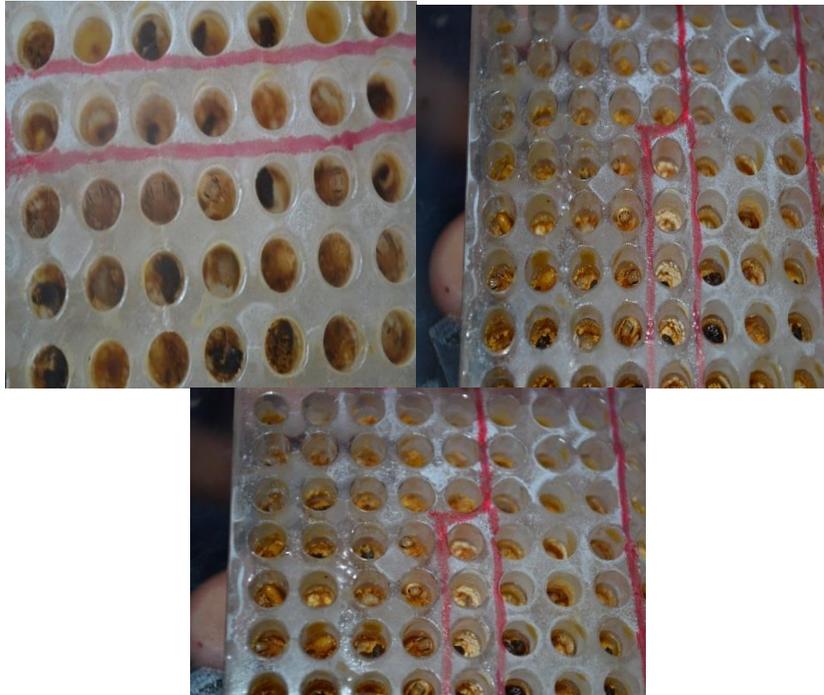


Foto 8: discos de cría para trasladar. Foto 9: Traslado alimento a la placa M.P



Foto 10: Traslado de larvas a la placa acrílica de micro pozos



Fotos 11, 12, 13: Larvas de princesas *Tetragonisca angustula* en los días 38-41



Fotos 14,15: Cría de obreras para introducir en las mini colonias

Anexo 4: División de colmenas con reinas In Vitro



Foto 16: colmena #16 lote 1
cría reinas In vitro



Foto 17: Colmena # 6, introducción
princesas en dos tratamientos,
libre y encerrada

Reinas obtenidas



Fotos 18,19: Reinas promedio del lote 1 y 2



Foto 20: 3 tipos de alimento para cría de reinas

Anexo 5: Introducción reinas In vitro a las colmenas

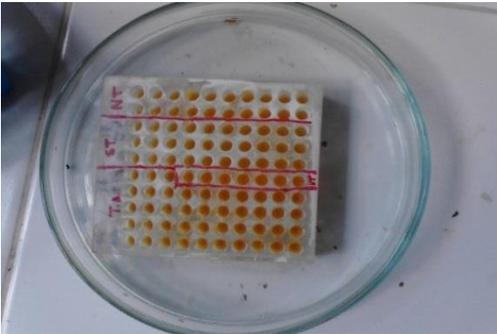


Foto 21: División tipos de alimento



Foto 22: Introducción reinas en la colmena



Foto 23: formación colmena 2



Foto 24: colmena 3



Foto 25: colmena 4



Foto 26: Introducción de 2 reinas encerradas a la colmena



Foto 27: Introducción princesa encerrada



Foto 28: Colmena 8



Foto 29: colmena 9



Foto 30: Colmena 1, liberación de la princesa



Foto 31: Colmena 2



Foto 32: colmena 3



Foto 33: colmena 4



Foto 34: colmena



Foto 35: colmena 6



Foto 36: colmena 7



Foto 37: Colmena 8



Foto 38: colmena 9

Anexo 6: Medición y pesaje de colmenas



Fotos 39, 40, 41: Medición y pesaje de colmenas

Anexo 7: Medición de temperatura y humedad relativa de los diferentes tipos de colmena



Foto 42: Colmena de guadua con datalogger dentro de la unidad de cría.