

**EVALUACIÓN DE LA POLINIZACIÓN DE CAFÉ *Coffea arabica* CON ABEJAS
NATIVAS (APIDAE: MELIPONINI) EN UN CULTIVO AGROECOLÓGICO EN LA
MESA – CUNDINAMARCA**

OLGA VIVIANA HERRERA GONZÁLEZ

JOHN EDUARDO SABOGAL SABOGAL

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de

ZOOTECNISTA

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

PROGRAMA DE ZOOTECNIA

FUSAGASUGÁ

2016

**EVALUACIÓN DE LA POLINIZACIÓN DE CAFÉ *Coffea arabica* CON ABEJAS
NATIVAS (APIDAE: MELIPONINI) EN UN CULTIVO AGROECOLÓGICO EN LA
MESA – CUNDINAMARCA**

OLGA VIVIANA HERRERA GONZALEZ

JOHN EDUARDO SABOGAL SABOGAL

DIRECTOR

VICTOR MANUEL SOLARTE M Sc

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

PROGRAMA DE ZOOTECNIA

FUSAGASUGÁ

2016

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Fusagasugá 19 de julio de 2016

Dedicatoria

Este trabajo lo dedico en especial a mi padre quien me brindó su apoyo incondicional y su compañía, a pesar de que ya no estás a mi lado siento que tú me acompañas, sé que este momento para ti hubiera sido tan feliz como lo es para mí. También a mi madre y hermano que me dan su fortaleza para seguir luchando, y a Daniel que me ha acompañado y apoyado en todas mis labores.

Viviana Herrera González

Dedico este trabajo a mis padres, María Teresa Sabogal y Carlos Eduardo Sabogal hermanos y demás personas que de alguna manera me ha apoyado en este proceso de formación.

Eduardo Sabogal Sabogal

AGRADECIMIENTOS

Como primera medida agradecer a la empresa Campo Colombia quien en su proyecto “Tecnologías para la estandarización de procesos productivos y de división intensiva de nidos de dos especies de abejas sin aguijón de la provincia del Tequendama, para su aprovechamiento en la generación de productos de alto valor en el mercado colombiano” financiado por la ACAC, abrió espacios de investigación dentro de los cuales se realizó el presente trabajo de grado.

Agradecer también de antemano al docente Víctor Manuel Solarte Cabrera, Biólogo M Sc de la Universidad Nacional quien asumió el rol de director de trabajo de grado, por su apoyo y dirección dentro del proceso.

CONTENIDO

CONTENIDO	6
RESUMEN.....	10
ABSTRACT.....	11
INTRODUCCIÓN.....	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
2. JUSTIFICACIÓN.....	14
3. OBJETIVOS.....	15
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
4. MARCO REFERENCIAL	16
4.1. HISTORIA NATURAL DE LAS ABEJAS NATIVAS	16
4.2. LAS ABEJAS	16
4.2.1. Características de la especie	17
4.2.2. Comportamiento tribu meliponini.....	18
4.2.3. Distribución geográfica.....	18
4.3. POLINIZACIÓN	18
4.4. <i>Coffea arabica</i>	19
4.5. IMPORTANCIA DE LOS BOSQUES TROPICALES	19
4.6. CAPTURA DE ABEJAS POR NIDOS TRAMPA.....	20
4.7. MELIPONARIO.....	20
4.8. PRODUCCIÓN DE MIEL DE ABEJAS NATIVAS SIN AGUIJÓN	21
5. METODOLOGÍA.....	22
5.1. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS.....	22
5.2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
5.2.1. Objetivo específico 1: Valoración del fruto de café bajo condiciones controladas	23
5.2.2. Objetivo específico 2: Captura de abejas con botellas trampa.....	27
5.2.3. Objetivo específico 3: Evaluación de la producción de miel de <i>Tetragonisca angustula</i> y <i>Scaptotrigona</i> sp.....	30
6.1. POLINIZACIÓN	31

6.2. EVALUACIÓN DE FRUTOS MADUROS.....	32
6.3. CAPTURA DE ABEJAS NATIVAS.....	34
6.4. PRODUCCIÓN DE MIEL CON ABEJAS NATIVAS.....	35
6. DISCUSIÓN.....	37
7. CONCLUSIONES.....	40
8. RECOMENDACIONES.....	41
REFERENCIAS.....	42
ANEXOS.....	47

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de las abejas sin aguijón.....	17
Tabla 2. Lista de las principales especies, de abejas utilizadas en meliponicultura en Colombia (Adaptado de Nates et al., 2013).	17
Tabla 3. Cuajado y número de abortos por tratamiento.	31
Tabla 4. Captura de abejas nativas con botellas nidos trampa	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 . Ubicación zona de investigación.....	22
Figura 2 . Cultivo de café granja San Pedro.	23
Figura 3 . Instalación de toldillos para los tratamientos.....	23
Figura 4 . Mortalidad de abejas <i>Apis mellifera</i>	24
Figura 5 . Colmenas instaladas dentro de los tratamientos.	25
Figura 6 . Polinización de <i>Tetragonisca Angustula</i>	25
Figura 7 . Marcado de las ramas y macetas.	26
Figura 8 . Marcado de las plantas.	26
Figura 9 . Cosecha de frutos de café.	27
Figura 10 . Botella impregnada con atrayente.....	28
Figura 11 . Ubicación botellas trampa.....	28
Figura 12 . Botellas trampa instaladas.	29
Figura 13 . Botella trampa colonizada por <i>Scaptotrigona sp.</i>	29
Figura 14 . Instalación del meliponario Experimental.....	30
Figura 15 . Porcentaje de abortos por tratamiento	32
Figura 16 . Peso de granos maduros y sobre maduros	33
Figura 17 . Diámetro polar de granos maduros y sobre maduros	34
Figura 18 . Diámetro ecuatorial de granos maduros y sobre maduros.....	34
Figura 19 . Peso del alza (los números señalan el código de la colmena).....	36

RESUMEN

El presente trabajo de grado tuvo como propósito la evaluación de la polinización de café *Coffea arabica* con abejas nativas (Apidae: Meliponini) en un cultivo agroecológico en La Mesa – Cundinamarca con un área de 9 ha, de la cual se utilizaron 60 m², se aplicaron 5 tratamientos: un núcleo de *Apis mellifera*, una colmena *Tetragonisca angustula*, una de *Scaptotrigona sp*, un tratamiento sin agente polinizador y un tratamiento abierto que fue delimitado con cinta perimetral, con el fin de determinar parámetros como peso de cotiledones, diámetro polar, diámetro ecuatorial en frutos maduros y sobre maduros, para dar cumplimiento a este objetivo se propuso una investigación cuantitativa en la cual se aplicaron pruebas Shapiro-Wilks para normalidad y la prueba F para homoscedasticidad para verificar si los datos cumplían con los supuestos para realizar pruebas paramétricas ANOVA, ya que los valores $p < 0.01$ demostraron que las variables no presentan homogeneidad de varianzas en los estados de maduración y sobremaduración se plantea analizar los datos con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis encontrando diferencias estadísticas para el peso de los granos maduros, ($p < 0.05$) entre el tratamiento libre polinización con respecto a los demás $p = 0,0005$, para el diámetro polar no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos *Tetragonisca angustula* y libre polinización pero si con los tratamientos *Scaptotrigona* y sin agente polinizador presentando $p = 0,0001$, entre si y a comparación con los tratamientos mencionados anteriormente, para el diámetro polar ($p > 0.05$) se encontraron diferencias estadísticas entre el tratamiento libre polinización y los demás tratamientos $p = 0,0039$. Adicional se instalaron 142 botellas trampa para identificar la riqueza de éstas abejas nativas dentro del área de estudio (9 ha), el 50% con atrayente de será de abejas *Apis mellifera* y el otro 50% con propóleo diluido en alcohol, capturando 8 nidos de *T. angustula* en atrayente cera y 1 de *Scaptotrigona* también en atrayente cera. También se tuvo en cuenta el valor productivo en cuanto a la producción de miel destacando así mismo cuál de las abejas nativas presento mayor productividad.

Palabras claves: abejas nativas, polinización, Meliponini.

ABSTRACT

This degree work had a purpose that was the test of the coffee pollination with native bees (apidae meliponini) in a agro-ecologic culture in the municipality of la mesa, in Cundinamarca with an area of 9 ha, of which we work in 60 m², We applied five treatments: a nucleus of *apis mellifera*, a beehive of *Tetragonisca angustula* a beehive of *scaptotrigona sp*, a treatment without pollinator agent and a opened treatment which was delimited with a perimetral band with the purpose of determine parameters as the cotyledons weigh, polar diameter, equatorial diameter in ripe fruits and very ripe fruits, In order to fulfill with this objective, we propose a quantitative investigation in which we applied Shapiro-willss tests, to normality and the f test to homocedasticidad to verify if the data carry out with the suppositions to do ANOVA parametric tests, because the values $p < 0.01$ proved that the variable do not show us homogeneity of varianzas in the maturation and very maturation states, We plan to analyze the data with no parametric test of kruskal-wallis. we find statistic differences for the weight of the ripe grains, ($p > 0,5$) Between free pollination treatment with regard to the other $p = 0,00005$. For the polar diameter we do not find statistic differences between the *Tetragonisca angustula* and free pollination treatments and without pollinator agent showing $p = 0,0001$ between them and in comparison with the before treatments. For the polar diameter ($p = < 0,05$) we find statistic differences between free pollination treatment and the other treatments $p = 0,0039$, more over we installed one hundred forty two trap bottles to identify the riches of these native bees inside the are of investigation (9 h) the fifty per cent of these trap bottles had of *Apis mellifera* bee wax as attractive and the other fifty percent had propoleo diluted in alcohol. We captured eight nests of *T. angustula* in bee wax attractive and one nest of *Scaptotrigona* also in bee wax attractive. Also we took into account the productive value of the honey production and showing which native bees made the best production.

Clave words: native bees, pollination, Meliponini.

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales polinizadores en los trópicos son las abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) (Baptistella *et al.*, 2012). Estas desempeñan un papel importante en la polinización de plantas silvestres de distintas especies, por lo cual toman gran importancia dentro de la polinización de cultivos (Gordon, 2004). A pesar de que se dice que son abejas sin aguijón, las reinas y obreras presentan un aguijón modificado y reducido no funcional, siendo así un grupo de abejas en países tropicales de América con un comportamiento altamente social. Estas se encuentran distribuidas desde México hasta Argentina, pasando por algunas islas del Caribe, desde los 0 a 4000 msnm aproximadamente (Nates *et al.*, 2013). Taxonómicamente las abejas sin aguijón se ubican en la familia Apidae, tribu Meliponini (Michener, 2000). Colombia cuenta aproximadamente con 120 especies ubicadas dentro de 14 géneros y 9 subgéneros que pueden encontrarse hasta los 3400 msnm. En el Neotrópico se estiman 33 géneros con aproximadamente 400 especies de meliponinos (Obregon & Nates 2014). Esta subfamilia cuenta con una amplia variedad de especies lo que las hace diferente a *Apis mellifera*, al igual que sus características morfológicas, de anidación y alimentación (Nates *et al.*, 2013). Actualmente las abejas melíferas (*Apis mellifera*) son las más utilizadas en el proceso de polinización de cultivos (Slaa, 2006). El objetivo de este trabajo fue evaluar la acción polinizadora de algunas especies de abejas sin aguijón en cultivo de café y valorar la producción de miel dentro del sistema agroecológico utilizado, también capturar y fortalecer colonias hijas de las mismas. Con la realización de este trabajo se profundizó en algunos aspectos como: efectividad de la polinización por parte de algunas especies de abejas nativas sin aguijón, producción de miel, riqueza de especies de abejas nativas en el área de estudio asociado al cultivo y el manejo de los nidos capturados.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La polinización es un servicio estable que se realiza naturalmente, en la mayoría de los casos se da por hecho que se realiza eficientemente dentro de los cultivos y por lo general no se hacen mejoras para aumentar su eficiencia. A nivel mundial la utilización de polinizadores es esencial y contribuye en el aumento de la diversidad, adaptación de cultivos, producción de frutos y semillas (Priti & Sihag, 1997 citado por Munyuly, 2011). La polinización es un factor muy importante para la seguridad alimentaria (Gallai, 2009).

Según Slaa (2006), una de las grandes preocupaciones en la actualidad es la disminución del número de colonias de abejas nativas, probablemente por el uso de pesticidas, alteración de su hábitat e infestación por parásitos, disminuyendo así el número de polinizadores disponibles; de acuerdo a esto, la polinización realizada por abejas nativas ha sido una actividad poco implementada en la actualidad (Quezada, 2009). Se ha indicado que en el caso de algunas variedades de café (Rubiaceae: *Coffea arabica*) producidos en Colombia, éstas tienen la capacidad de autopolinizarse, por lo cual se le ha dado menor importancia a la función de agentes polinizadores y sus consecuentes beneficios que brindan en relación a la calidad del fruto de café (Arcila, 2004). En Colombia se tiene registrado un solo estudio realizado por Jaramillo (2013), quien investigó el impacto que tienen las abejas silvestres en el cultivo de café, evaluando aspectos como el número de granos por planta, el peso de las semillas y aroma; según su investigación, estas características mejoraron con la presencia de abejas.

Para la finca San Pedro (La Mesa, Cundinamarca) es de vital importancia el estudio sobre polinización de café con abejas nativas pues ésta cuenta con el sello *Rainforest Alliance Certified*, por lo cual la calidad del producto y la responsabilidad ambiental hacen parte importante dentro de los requisitos para mantener su certificación de sello verde.

2. JUSTIFICACIÓN

La gran mayoría de plantas producen frutos dependiendo directamente de la polinización por parte de insectos, en su mayoría abejas. En la agricultura este proceso es de vital importancia para la producción de frutos (Rebecca *et al.*, 2013). Según Slaa *et al.* (2006) se considera que un 30% de la alimentación humana se da gracias a la interacción de las plantas con las abejas en el proceso de polinización; éstas son probablemente, el grupo de insectos mejor adaptado a la visita floral gracias al gran número de especies y a la abundancia de algunas de éstas, y por ende se convierten en un grupo esencial para la polinización y reproducción sexual de la mayoría de las plantas con flores (Michener, 2000). En un estudio realizado por Diodato (2008) se determinó que las abejas nativas presentan mayor eficiencia en comparación con *Apis mellifera* en cuanto al transporte de polen por individuo.

Vergara (2009) señaló la importancia que tiene la diversidad de polinizadores en la producción y rendimiento de frutos de café y cómo ésta favorece su calidad y cantidad; algunos trabajos realizados en Latinoamérica y Asia han demostrado que este cultivo posee gran dependencia de estos agentes polinizadores (Pantoja *et al.*, 2014).

El presente estudio es de gran importancia pues aporta información inédita y datos actuales sobre el efecto de las abejas nativas sin aguijón en la polinización de café donde se obtendrán datos de producción y calidad del grano del café. Por otra parte, el estudio de la diversidad de abejas nativas en la finca San Pedro permitirá fortalecer el agro-ecosistema y mantener el sello Rainiforest Alliance Certified.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la polinización de café (*Coffea arabica*) con abejas nativas (Apidae: Meliponini) en un cultivo agroecológico en La Mesa - Cundinamarca.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Valorar la calidad del fruto del café bajo condiciones controladas de presencia de abejas nativas sin aguijón.
2. Realizar captura de colmenas de abejas nativas sin aguijón en un cultivo de café bajo un modelo agroecológico.
3. Evaluar la producción de miel con abejas nativas sin aguijón en un cultivo de café agroecológico.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. HISTORIA NATURAL DE LAS ABEJAS NATIVAS

Las principales especies conocidas y utilizadas por las civilizaciones indígenas antes de la llegada de los colonizadores europeos usadas para su explotación producción de miel y ceras, eran las *Melipona beecheii*, en la cultura maya, y *Scaptotrigona mexicana* por la Naha. La producción de estas dos especies es muy intensa, ya que sus mieles son muy apetecidas como un producto de comercio entre las civilizaciones mesoamericanas, por otro lado existían dioses como Ah-Mucen-cab que se encargaban de proteger estas abejas. Estas dos especies han seguido siendo manejadas, pero han tenido un problema de desplazamiento, por competencia de la abeja melífera la cual posee una característica más productora a comparación con las otras especies (González, 2012).

Las abejas sin aguijón a pesar de su desplazamiento han presentado nuevos intereses en las dos últimas décadas no solo como objetos de estudio sino como polinizadores y sus propiedades medicinales que poseen algunas de sus mieles, siendo estas muy utilizadas en la farmacopea indígena desde tiempos remotos (Quezada-Euan *et al.*, 2010).

4.2. LAS ABEJAS

Las abejas son primordialmente un grupo de insectos que presentan una gran importancia en los ecosistemas y en el sector económico debido a sus procesos de polinización que se da a sus hábitos alimenticios (Michener, 2000). Según Nates-Parra (2005) las abejas se caracterizan por pertenecer a un grupo de avispas visitantes de flores que dejaron sus formas de vida de aprovisionar sus nidos de insectos a cambio de alimentar sus crías con polen y néctar recolectada de flores.

4.2.1. Características de la especie

Las abejas sin aguijón son una especie que pertenece a la familia Apiadae. Se caracterizan por poseer una corbícula o canasta de polen en la tibia de sus patas posteriores, sus alas poseen venación reducida y su nidificación se da en cavidades de árboles, huecos o de formas expuestas (Nates, 2001). Taxonómicamente las abejas sin aguijón se ubican en la tribu Meliponini (Michener, 2000).

Tabla 1. Taxonomía de las abejas sin aguijón.

Phylum	Artropoda
Clase	Insecta
Orden	Hymenoptera
Superfamilia	Apoidea
Familia	Apidae
Tribu	Meliponini

En la siguiente tabla se muestran las principales especies de abejas nativas en Colombia que se trabajan en la meliponicultura, su número de colonias y nombres con los cuales se les conoce comúnmente.

Tabla 2. Lista de las principales especies, de abejas utilizadas en meliponicultura en Colombia (Adaptado de Nates et al., 2013).

Taxonomía	No. de colonias	Nombres locales reportados
<i>Frieseomelitta</i> spp. Ihering,	25	Angelita negra
<i>Melipona (Melipona) favosa</i> Fabricius	15	Canato, Cargabarro
<i>Melipona (Michmelia) eburnea</i> Friese	48	Abeja real amarilla
<i>Nannotrigona melanocera</i> Schwarz	7	Angelita
<i>Nannotrigona mellaria</i> Smith	47	Angelita, Casira
<i>Paratrigona eutaeniata</i>	22	Angelita de cafetal
<i>Paratrigona opaca</i> Cockerell	13	Angelita, Chatón

<i>Paratrigona rinconi</i>	42	Angelita, mosquitos
<i>Paratrigona Schwarz</i>	24	Mierda de perro
<i>Scaptotrigona barrocoloradensis Schwarz,</i>	30	congá, Enredapelo
<i>Scaptotrigona spp</i>	35	Cañuto, Enreda
<i>Scaura longula</i> Lepeletier	16	Angelita negra
<i>Tetragonisca angustula</i> Latreille	526	Angelita, Angelita mona

4.2.2. Comportamiento tribu meliponini

A pesar de su nombre común, las hembras poseen un aguijón modificado reducido, pero no funcional, y son el único grupo de abejas nativas de América que posee comportamiento altamente social y colonias perdurables (Schwarz 1948). Estas han desarrollado múltiples estrategias de defensa contra sus enemigos naturales como morder la piel, arrancar el pelo, se introducen en ojos nariz y orejas de los intrusos; para el caso del género de las *Oxitrigonas* secretan un líquido caustico que puede ocasionar lesiones molestas y cicatrices (Contreras et al., 2004).

4.2.3. Distribución geográfica

Se encuentran ubicadas en las regiones tropicales y subtropicales del planeta debido a su baja capacidad para mantener la temperatura de sus nidos en ambientes templados. Dentro de las selvas tropicales su número de colonias puede ir de 10 a 100 por Km² con lo cual es claro la importancia que representan para estos ecosistemas pues se calcula que visitan del 30 al 40% de las especies vegetales de este medio recolectando néctar y polen, favoreciendo la polinización de estos bosque tropical (Duran et al., 2010).

4.3. POLINIZACIÓN

La polinización es el transporte de polen que se encuentra en los estambres (parte masculina de la flor) al estigma del pistilo (parte femenina) ya sea de la misma flor o de otra cercana (Reyes et al., 2000). Este proceso puede ser realizado por el viento, el agua, la gravedad, los murciélagos, colibríes e insectos; se le puede denominar autopolinización o autogamia cuando el polen pasa del estambre al estigma de la misma flor, o polinización cruzada o alogamia cuando el polen pasa

al estigma de otra flor de la misma planta o de otra de la misma especie (Mota *et al.*, 2003). La polinización con la ayuda de insectos es un proceso evolutivo que se ha dado hace unos 200 millones de años, los insectos se alimentaban de las plantas y accidentalmente se ungián de polen transportándolo a las otras flores siendo esto una de las primeras formas de polinización por insectos (Jaramillo 2012).

Para el caso de polinización cruzada, esta es considerada un proceso simbiótico en el cual tanto la planta como el agente polinizador obtienen beneficios que les permiten en el caso de la planta el transporte del polen para su reproducción, aumentar su diversidad genética y por ende garantizar la continuidad de su especie, y para el caso de los polinizadores la obtención recursos como alimento y resguardo para reproducirse (Bonilla, 2013).

4.4. *Coffea arabica*

Coffea arabica tiene sus orígenes en Etiopia pues allí se inició por primera vez su plantación y cultivo (Anthony *et al.*, 1999). León (2000) evidencio que en las zonas montañosas de este país y de sudan ha sido producido de una forma silvestre, por otro lado el café el *Coffea arabica* dentro de sus características ha demostrado que posee las estructuras completas de una flor siendo estas: dos estructuras estériles (cáliz, corola) y dos estructuras fértiles (carpelos y estambres) (Arcila, 2004), se tiene también en cuenta que es una planta autógama lo cual la hace utilizar la polinización cruzada mediante la ayuda de algunos insectos para su reproducción, otra característica a resaltar es que sus flores contienen productos aromáticos con los cuales produce el néctar y polen lo que hace que sea un atrayente ideal para los polinizadores, en cuanto a su floración Manrique *et al* (2002) indica que existen dos periodos de floración siendo el primer periodo una floración muy densa y el siguiente es un periodo de floración corto.

4.5. IMPORTANCIA DE LOS BOSQUES TROPICALES

Los ecosistemas son sistemas naturales que se encargan de ayudar y beneficiar la vida humana (Daily, 1997), dentro de los cuales se pueden encontrar procesos de polinización de cultivos que presentan un elevado valor económico dentro de la producción (Kevan *et al.*, 2001). Aproximadamente dos terceras partes de cultivos del mundo requieren polinización animal (Roubik, 1995). Algunos estudios han demostrado que las abejas nativas polinizan muchos cultivos tan eficazmente

como lo hacen las abejas melíferas (*A. mellifera*) pero hay que tener en cuenta que el fortalecimiento y mantenimiento de éstas se da mediante la conservación de sus hábitats (Kremen *et al.*, 2002). El café (*Coffea arabica* y *Coffea robusta*) tiene la capacidad de autopolinizarse, pero se ha logrado determinar que la visita de abejas puede aumentar sus rendimientos entre 15 y 50% de su producción (Roubik, 2002; Klein *et al.*, 2003). De esta manera se ha logrado ubicar en el quinto lugar dentro de las exportaciones agrícolas más importantes y destacadas de las naciones en desarrollo (Organización para la Agricultura y la Alimentación - FAO), generando aproximadamente empleo a 25 millones de personas en el mundo (Kinnaird *et al.*, 2003). Algunos estudios han determinado el valioso papel que cumplen los hábitats nativos en la agricultura, los cuales son un factor clave que determina y afecta el rendimiento de los cultivos agrícolas (Ricketts, 2004).

4.6. CAPTURA DE ABEJAS POR NIDOS TRAMPA

Estas son denominadas contenedores, cajas o botellas con un atrayente que se instala en hábitats (bosques, potreros, bordes de bosque, etc.) con la finalidad de llevar a cabo la captura de una colonia de abejas, las cuales serán atraídas por el olor de la cera la miel o el propóleos aplicado en cada trampa. Ésta es una buena forma de obtener colmenas naturalmente ya que cuando ellas llevan a cabo su proceso de división o reproducción natural encontrarán en su ambiente las trampas que serán colonizadas por estas abejas nativas. En Ribeirão Preto (Brasil) se creó un modelo de nido-cebo simple y muy eficaz el cual se construye con botellas plásticas de diferentes tamaños preferiblemente de color negro o que estén cubiertas por un material como forros de plástico negro que no permita el paso de la luz al interior de la trampa con una entrada de hasta 22 ml de diámetro (Villas-Bôas. 2012). Tanto el tamaño de la colmena como el orificio de entrada pueden depender de la especie a capturar (Kwapong *et al.*, 2010).

4.7. MELIPONARIO

Se puede denominar meliponario el lugar donde están instaladas las colmenas de abejas nativas sin aguijón. Para esta instalación no existe ninguna norma que defina un buen meliponario todo depende de cada sitio de instalación y la creatividad del meliponicultor que determina su objetivo de ubicación la cual le brinde comodidad a las abejas y que facilite su actividad dentro de la producción. Algo muy relevante para tener en cuenta es que estas deben estar en sitios

sombreados pudiendo tomar sol en horas de la mañana evitando rallo directos a las colmenas después de las 9 AM (Villas-Bôas, 2012).

4.8. PRODUCCIÓN DE MIEL DE ABEJAS NATIVAS SIN AGUIJÓN

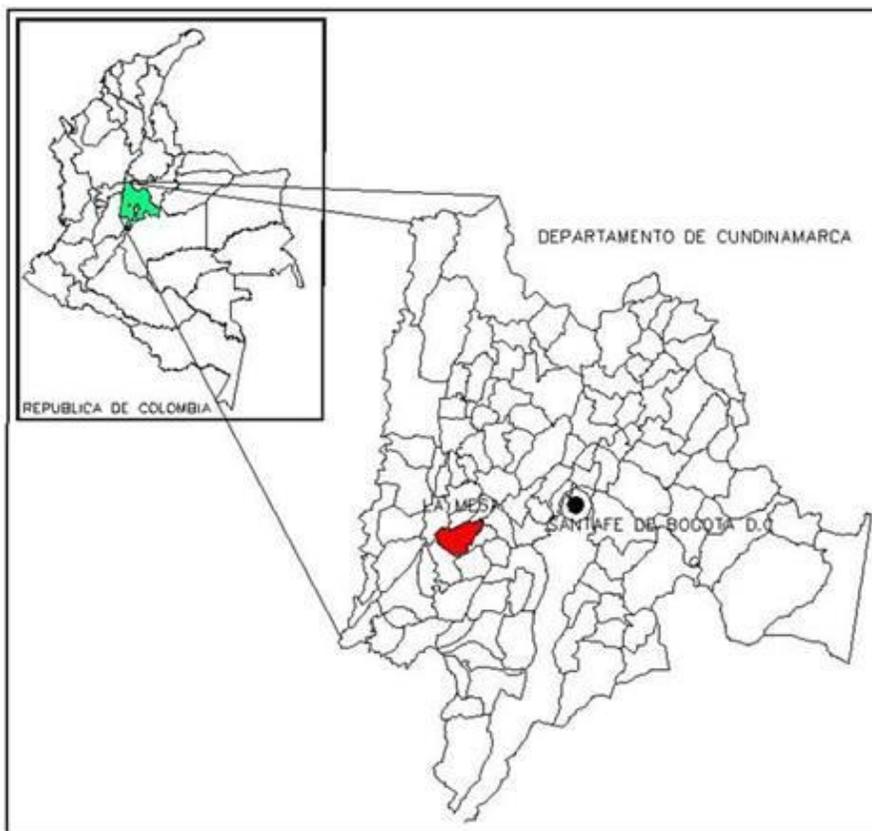
En Colombia se encuentra una gran variedad de abejas nativas sin aguijón de las cuales una pequeña cantidad es utilizada para extraer miel como lo son *Tetragonisca angustula* y algunas del género *Melipona*. Esta explotación en algunas ocasiones se hace de forma inadecuada destruyendo las colmenas dejándolas desprotegidas y susceptibles a depredadores y algunos parásitos que pueden dañar la colmena, en algunos casos este procedimiento se realiza de una manera periódica lo cual hace que sean transportadas hacia las casas de los productores para generar menor daño (Nates-Parra & Rosso, 2013). Este trabajo de extracción de miel se puede llevar a cabo cada seis meses o cada año, teniendo en cuenta que si se desea tener un volumen significativo de esta es necesario recurrir a más de diez o veinte nidos de la misma especie. La miel de las abejas nativas no entra en competencia con la de *A. mellifera*, pero se destaca por presentar propiedades medicinales de gran valor e importancia (Nogueira-Neto *et al.*, 2000). Es necesario mencionar que el reto más grande de los productores de miel de estas abejas es mantener las condiciones de estabilidad y longevidad del producto, esto quiere decir mantener su tiempo de vencimiento ya que es un producto de alta susceptibilidad a agentes de fermentación. Dentro de sus características físicas se destaca que la miel de abejas nativas sin aguijón contiene un alto nivel de humedad que puede estar entre el 25 a 35%. La característica principal que se conecta a las abejas de miel (Villas-Bôas, 2012).

5. METODOLOGÍA

5.1. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS

La investigación se llevó a cabo en la finca San Pedro, la cual cuenta con sello Rainforest Alliance Certified. Se encuentra ubicada en el municipio de La Mesa, vereda San Pablo, en el departamento de Cundinamarca, a una distancia de 62 Km al suroeste de Bogotá con una altura promedio de 1200 msnm, temperatura de 22C°, precipitación pluvial de 1199 mm anual y humedad relativa del 85%(Figura 1). Cuenta con una extensión de 9 ha cultivadas en café (*Coffea arabica*), establecido hace 2 años (Figura 1), del cual se tomó un área de 60 m² donde se encontraban más homogéneas las plantas y facilitaba la realización del presente estudio (Figura 2).

Figura 1 . Ubicación zona de investigación.



Tomado de Web oficial de La Mesa en Cundinamarca.

Figura 2. Cultivo de café granja San Pedro.



5.2. MATERIALES Y MÉTODOS

5.2.1. Objetivo específico 1: Valoración del fruto de café bajo condiciones controladas

Numero de tratamientos: Los animales que se utilizaron en este estudio fueron abejas nativas sin aguijón (tribu Meliponini) y *Apis mellifera* (Apidae: Apini), provenientes del meliponario de la empresa Campo Colombia ubicada en La Mesa. Se realizaron 5 tratamientos: un núcleo de *Apis mellifera*, una colmena *Tetragonisca angustula*, una de *Scaptotrigona sp*, un tratamiento sin agente polinizador y un tratamiento abierto que fue delimitado con cinta perimetral (Figura 3).

Instalación de mallas: Se instalaron 4 mallas (toldillos) que sirvieron de encierro para cada tratamiento con una dimensión de 4 m de largo, 3 m de ancho y 2 m de alto, teniendo un número de 12 plantas por cada tratamiento para un total de 60 plantas.

Figura 3. Instalación de toldillos para los tratamientos



a) *Tetragonisca angustula*, b) *Apis mellifera*, c) *Scaptotrigona*, d) Sin agente polinizador, e) Libre polinización.

Instalación de colmenas: Se realizó la instalación de las colmenas entre los 5-10 días antes de la antesis del café (floración), con la intención que las abejas se adaptaran al medio en el cual se ubicaron (Figura 5), para el caso del tratamiento con *Apis mellifera* se eliminó por presentar alta mortalidad durante el periodo de adaptación (Figura 4).

Figura 4 . Mortalidad de abejas *Apis mellifera*



Figura 5. Colmenas instaladas dentro de los tratamientos



Periodo experimental: La floración tuvo una duración de 5 días (Figura 6); en la cual se marcaron las plantas y de estas las ramas y las masetas que se encontraban en antesis y se observó la visita por parte de los agentes polinizadores de cada tratamiento, del tratamiento *Scaptotrigona* 7 ramas 11 masetas, *Tetragonisca angustula* 5 ramas 8 masetas, Libre polinización 2 ramas 7 masetas, sin agente polinizador 6 ramas 17 masetas (Figuras 7- 8), luego de la floración se retiraron las abejas y las mallas de cada tratamiento y se realizó la delimitación de cada uno de los tratamientos.

Figura 6. Polinización de *Tetragonisca Angustula*.



Figura 7. Marcado de las ramas y macetas.



Control y revisión: Se realizaron visitas periódicas cada 30-45 días para llevar un control de cada tratamiento; en la primera visita se realizó el conteo de brotes de cada maseta marcada, para realizar la evaluación del cuajado, llevando un registro en cada visita en el cual se anota la cantidad de brotes que tiene cada rama.

Figura 8. Marcado de las plantas.



Recolección de muestras: El periodo de cosecha inicio el 19 de febrero y finalizando el 12 de mayo del año 2016, se recolectaron los frutos marcados de cada tratamiento, en donde se tuvo en cuenta los frutos maduros y sobremaduros en el momento de realizar el pesaje y la medición de sus diámetros, para realizar el respectivo análisis estadístico (Figura 9).

Figura 9. Cosecha de frutos de café



Análisis estadístico: Inicialmente se probaron los supuestos de normalidad con la prueba de Shapiro-Wilks y homoscedasticidad con la prueba F. Dado que las variables medidas no presentaron normalidad y homoscedasticidad se aplicó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (Anexos A, B y C).

5.2.2. Objetivo específico 2: Captura de abejas con botellas trampa

Elaboración de trampas: Se construyeron 142 trampas con botellas de 1 litro, 2 litros y 2.5 litros las cuales fueron lavadas y secadas previamente, luego se les adicione atrayentes como cera disuelta al baño María y propóleo disuelto en alcohol al 20%. Estas botellas trampa se repartieron de la siguiente manera: 71 botellas con cera y 71 botellas con propóleo. Luego se revistieron las botellas con papel periódico sujetado con cinta y evitando sellar la salida. Una vez revestidas con el papel se envolvieron con plástico negro, esto con el objetivo de regular la temperatura y humedad de la trampa. Para el orificio de entrada de las botellas

trampa se midió el diámetro de la entrada de una colmena de *Tetragonisca angustula* y se tomó esta medida como referencia para hacer el orificio de las tapas que fue de 0.5 cm.

Figura 10. Botella impregnada con atrayente.



Instalación de trampas: Posteriormente se llevó a cabo la instalación de las trampas entre la transición del bosque con cultivo de café (Figura 11), en las cuales se tuvo en cuenta la posición de la botella (horizontal y vertical), la altura (a 1 y 2 metros desde el suelo) y el atrayente de cada trampa a instalar (cerumen diluido a baño María y propóleo disuelto en alcohol) (Figura 12).

Figura 11: Ubicación botellas trampa

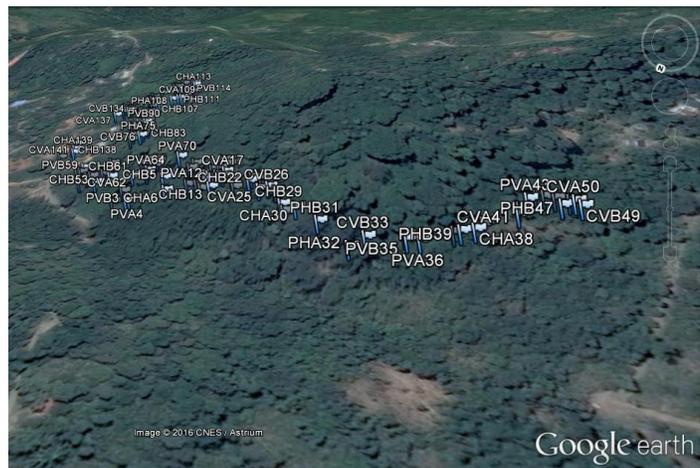


Figura 12. Botellas trampa instaladas.



Recolección de información: Se realizaron visitas periódicas cada 30-45 días donde se revisó cada una de las trampas para verificar si fueron colonizadas por las abejas nativas (Figura 13). Para el trasiego se trasladaron las abejas capturadas a cajas inteligentes; esto se realizó cortando las botellas trampa por la mitad y pasando todo el nido con cuidado de inmediato a la caja.

Figura 13. Botella trampa colonizada por *Scaptotrigona* sp.



Parámetros de evaluación: La efectividad de la captura de abejas con las botellas trampa.

5.2.3. Objetivo específico 3: Evaluación de la producción de miel de *Tetragonisca angustula* y *Scaptotrigona* sp.

Número de colmenas: Se utilizaron 8 colmenas de abejas nativas sin aguijón dentro del cultivo de café, de las cuales 2 son de la especie *Scaptotrigona* sp identificadas como *sp1* y *sp2* y 6 de *Tetragonisca angustula* identificadas como colmena 6, 9, 11, 19, 29 y 31(Figura 14)..

Instalación: Para el establecimiento de estas colmenas se instaló un meliponario con una altura de 2 metros y con capacidad para las 8 cajas inteligentes (Figura 14).

Figura 14. Instalación del meliponario Experimental.



Periodo experimental: Tuvo un periodo de evaluación de 4 meses el cual inicio en agosto de 2015 y finalizo en diciembre de 2015, con el objetivo de evaluar la producción de miel de estas dos especies. Durante este periodo las colmenas 6 y 19 abandonaron su caja inteligente.

Control y revisión: Se realizaron 3 visitas periódicas cada 40 días para un total de 3 reportes en los cuales se toman pesos de las alzas de cada colmena.

RESULTADOS

6.1. POLINIZACIÓN

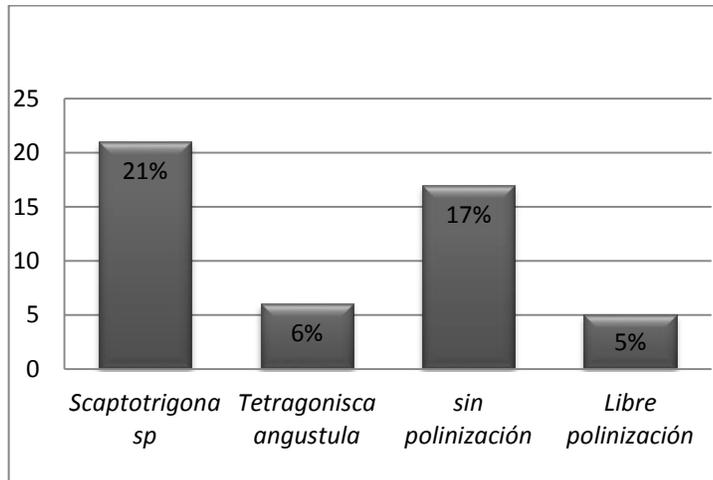
Cuando se llevó a cabo la instalación de los tratamientos para la evaluación de la polinización de café, se realizó la instalación de toldillos y se dio un periodo de adaptación a las colmenas antes de la antesis floral, para el caso del tratamiento de *Apis mellifera* no presentó buen índice de adaptación al medio pues se evidenció una alta mortalidad de estas teniendo así que eliminar este tratamiento, continuándose el experimento con las abejas nativas pues no presentaron bajas en su población (Figura 4).

Cuando se llevó a cabo la revisión de los tratamientos después de la floración y el tiempo en que las abejas realizaron su acción polinizadora, se procedió al conteo del cuajado de los frutos. El tratamiento sin agente polinizador presentó el mayor número de cuajado en comparación con los demás tratamientos (Tabla 3), pero así mismo se observó que presentó junto con el tratamiento *Scaptotrigona* el mayor número de abortos, respecto al de *Tetragonisca angustula* y libre polinización que presentaron menor número de abortos por tratamiento (Figura 15).

Tabla 3. Cuajado y número de abortos por tratamiento.

Tratamiento	Cuajado	Abortos
	Total	Totales
<i>Scaptotrigona</i> sp	179	38
<i>Tetragonisca angustula</i>	157	9
Sin polinización	351	59
Libre polinización	87	4

Figura 15. Porcentaje de abortos por tratamiento



6.2. EVALUACIÓN DE FRUTOS MADUROS

Para la evaluación de los frutos de café se tuvo en cuenta su peso, diámetro polar y ecuatorial. Cuando se realizó la cosecha de los frutos por cada tratamiento se pudo observar la presencia de frutos maduros y sobremaduros por lo que se tuvo que realizar una evaluación independiente de estos ya que el número de sobremaduros era menor y su tiempo de maduración fue mayor al de los maduros. En cuanto a los frutos maduros encontraron diferencias estadísticas significativas en el peso ($H=17.47$, $p=0.0005$), encontrando mayor peso en los tratamientos de *T. angustula* ($\mu=1.59$ g), *Scaptotrigona sp* ($\mu=1.49$ g) y sin polinizador ($\mu=1.48$ g), encontrándose el mayor rendimiento de peso en el tratamiento de *Tetragonisca angustula* y seguido de *Scaptotrigona* (Figura 16).

En el diámetro polar de los frutos maduros se encontraron diferencias estadísticas significativas ($H =20.39$, $P=0,0001$) teniendo el mayor diámetro polar de los tratamientos de Libre polinización ($\mu=0.51$ mm), y *T. angustula* ($\mu=0,50$ mm) y Sin Agente Polinizador ($\mu=0,45$ mm), pudiendo observar claramente que el tratamiento de Libre polinización y *Tetragonisca angustula* presentaron similitud en sus diámetros polares (figura 17).

En cuanto al diámetro ecuatorial se observaron diferencias estadísticamente significativas ($H=12,31$, $P=0,0039$) mostrando de este modo que los tratamientos *Scaptotrigona* sp ($\mu=0,42$ mm), *T. angustula* ($\mu=0,42$ mm) y Sin Polinizador ($\mu=0,40$ mm) presentaron mayor diámetro, en la Figura 18 se puede observar diferencias mínimas de los dos tratamientos iguales *Scaptotrigona* sp y *Tetragonisca angustula* en comparación con el tratamiento sin agente polinizador (Anexo A).

Al realizar el análisis para el grupo de frutos sobremaduros en cuanto a su peso, diámetro polar y ecuatorial no se encontraron diferencias entre los tratamientos: para peso ($H=3,10$, $P=0,1912$), diámetro polar ($H=4,38$, $P= 0,0692$) y diámetro ecuatorial ($H=4,38$, $P=0,0692$). Los frutos sobremaduros son de mayor peso y tamaño que los frutos maduros (Figuras 16, 17,18).

Figura 16. Peso de granos maduros y sobre maduros

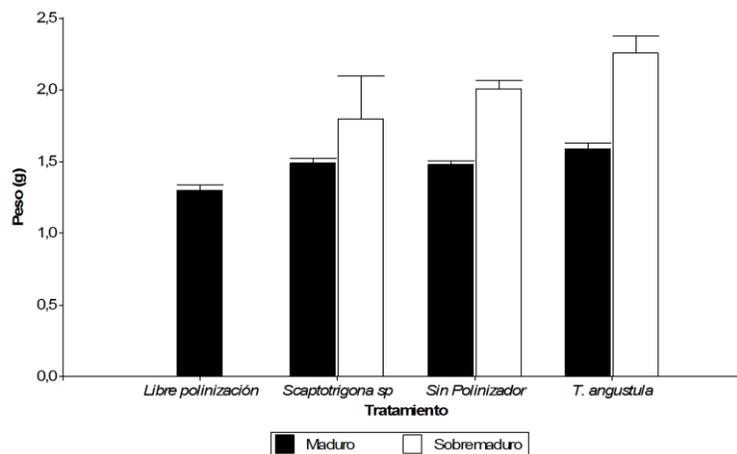


Figura 17. Diámetro polar de granos maduros y sobre maduros

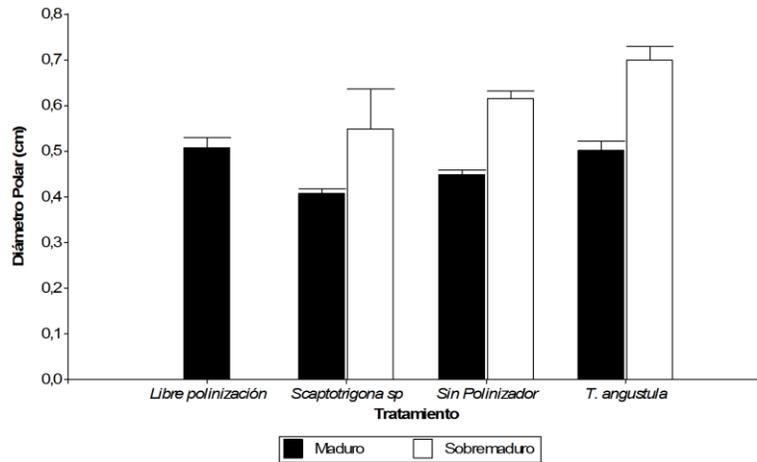
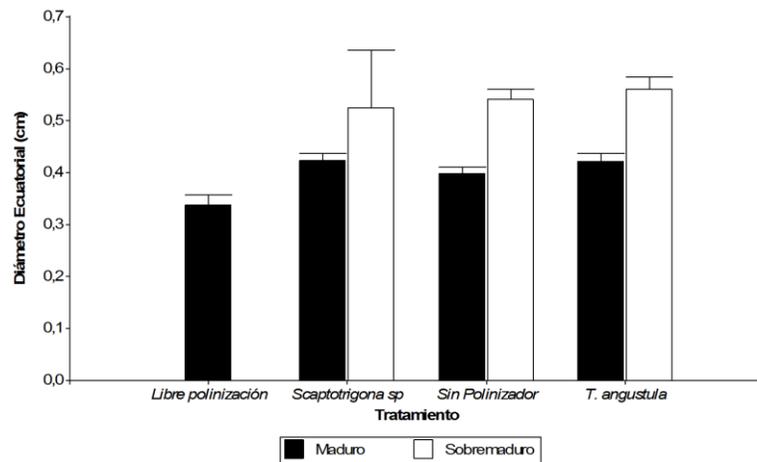


Figura 18. Diámetro ecuatorial de granos maduros y sobre maduros



6.3. CAPTURA DE ABEJAS NATIVAS

En el sistema agroecológico de la finca San Pedro se capturaron un total de 9 nidos correspondiente es al 6.33% de las botellas instaladas, de los cuales 8 de *Tetragonisca angustula* que se ubicaron en trampas con atrayente de cera, de estos 6 a una altura de 1m y 2 a una altura de 2 m y 1 nido de *Scaptotrigona* con atrayente de cera a una altura de 1m, destacando la mayor eficiencia de

captura en nidos botella con atrayente de cera ubicados a una altura de 1mt con un equivalente al 4.22% del total de las botellas (Tabla 4).

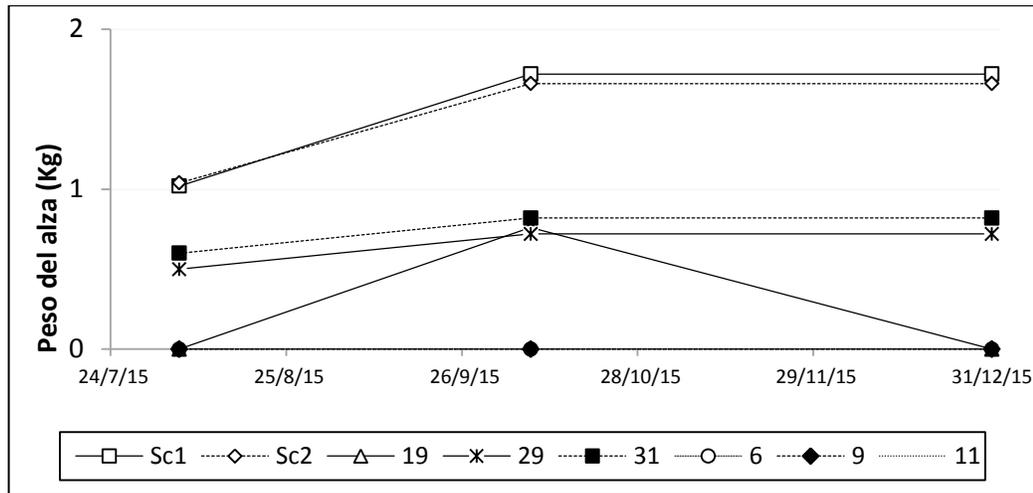
Tabla 4. Captura de abejas nativas con botellas nidos trampa

No. Disp	Caract. del dispositivo		Características de la ubicación				GPS	Observación
	Tamaño	Material	Msnm	Altura	Posición	Material		
CVB26	GRANDE	CERA	1227	1 MT	V	MANDARINO	N4°41.546-W74°27.053	<i>T.angustula</i>
CVB26	GRANDE	CERA	1227	1 MT	V	MANDARINO	N4°41.546-W74°27.053	abandonaron
CVB26	GRANDE	CERA	1227	1 MT	V	MANDARINO	N4°41.546-W74°27.053	abandonaron
CHA38	GRANDE	CERA	1235	2 MT	H	ÁRBOL CERCA VIVA	N4°41.559-W74°27.120	<i>T.angustula</i>
CHA121	GRANDE	CERA	1205	2 MT	H	NARANJO	N4°41.445-W74°26.961	<i>T.angustula</i>
CHB138	GRANDE	CERA	1206	1 MT	H	NARANJO CASA	N4°41.498-W74°26.942	<i>T.angustula</i>
CVB140	MEDIANO	CERA	1204	1 MT	V	KIOSCO	N4°41.503-W74°26.943	<i>T.angustula</i>
CHB142	MEDIANO	CERA	1201	1 MT	H	NARANJO	N4°41.512-W74°26.942	<i>scaptotrigona</i>
CVA78	MEDIANO	CERA	1212	2 MT	V	ARBOL	N4°41.509-W74°26.980	<i>T.angustula</i>

6.4. PRODUCCIÓN DE MIEL CON ABEJAS NATIVAS

Para la producción de miel de las colmenas de abejas nativas se observó que la *Scaptotrigona* presentó la mayor producción y se mantuvo durante los 3 meses de evaluación, con respecto a las demás colmenas que pertenecían a *Tetragonisca angustula* que tuvieron incrementos menores pero se mantuvieron durante los tres meses. En las colmenas 9 y 11 nunca hubo cambio en el peso del alza, por lo que se asume que nunca hubo producción de miel (Figura 19).

Figura 19. Peso del alza (los números señalan el código de la colmena)



6. DISCUSIÓN

En Cundinamarca se puede encontrar una gran variedad de características de gran riqueza en cuanto a su biodiversidad y ecosistemas, lo cual permite y provee un entorno ideal para la producción del café siendo este uno de los cultivos con mayor importancia puesto que emplea aproximadamente el 20% de terreno destinado a la agricultura y equivale al 45% de los cultivos permanentes, siendo así mismo de gran valor económico para quienes lo producen (Serna C, 2010). Esta investigación se llevó a cabo en la finca San Pedro del municipio de La Mesa Cundinamarca ubicada al suroeste de Bogotá, en donde se encuentra un sistema agroecológico que cuenta con un buen espesor de bosque y árboles frutales lo cual fortalece la conservación de especies de abejas nativas teniendo en cuenta que son un factor importante como polinizadores que ayudan a mejorar la productividad de sus cultivos (Roubik 2002).

Según Anderson et al. (2011) la polinización es un proceso de vital importancia tanto para los ecosistemas, cuya eficiencia es directamente afectada por la riqueza de polinizadores. En un estudio realizado por Ricketts et al. (2008) en el cual evaluó la polinización para 22 cultivos siendo uno de éstos de *Coffea arabica* determinó que las abejas nativas eran polinizadores claves para mejorar la eficiencia productiva de este. En el estudio que se llevó a cabo en la finca San Pedro se pudo comprobar que la eficiencia polinizadora de las abejas nativas de la especie *Tetragonisca angustula* dentro del cultivo de café fue favorable pues presentó resultados positivos en el cuajado, peso, diámetro polar y ecuatorial de cada uno de los frutos evaluados en los tratamientos con abejas nativas resaltando una mejor productividad de cada fruto cosechado, exceptuando lo pesos y el diámetro polar de los frutos polinizados por *Scaptotrigona sp*, los cuales fueron los más bajos. Esto se pudo evidenciar gracias a las observaciones realizadas durante la antesis floral, ya que las visitas de las abejas a las flores fue constante lo que les permitió realizar su acción polinizadora dentro de cada tratamiento, teniendo en cuenta también la importancia de estas abejas nativas para la reproducción de las plantas de café ayudando así mismo a mejorar la calidad de sus frutos, aumentando el cuajado y disminuyendo el número de abortos. Según Jaramillo (2012) la presencia de abejas nativas ayuda a mejorar la producción en número de frutos y productividad por planta y la calidad de sus semillas en peso y aroma.

Dentro de los tratamientos evaluados para determinar el rendimiento y calidad de los frutos de café *Coffea arabica* se pudo observar dentro del estudio realizado que las abejas *Tetragonisca angustula* presentaron mejores rendimiento en cuanto al peso de los frutos ($\mu=1.59$ g) diámetro polar ($\mu=0,50$ mm) y diámetro ecuatorial ($\mu=0,4$ mm) en comparación con los demás tratamientos, lo cual favorece las 9 hectáreas de cultivo agroecológico de café establecido en la granja San Pedro, teniendo en cuenta que en el área de estudio se encuentra una gran cantidad de esta especie de abejas nativas, según los resultados obtenidos en el presente trabajo mediante el método de captura con botellas trampa en el cual se capturaron 8 nidos de *Tetragonisca angustula*. En cuanto a los rendimientos de los frutos de café Bravo-Monroy *et al.*, (2015) describe que la participación de la polinización en la agricultura es de vital importancia pues dice que la polinización con insectos incrementa los rendimientos de los frutos de cultivos a nivel mundial en un 75 % especialmente en la producción de café , pues han realizado estudios en los cuales encontraron grandes impactos productivos en el cultivo de *Coffea arabica* por medio de polinizadores de la tribu Meliponini dando mejores rendimientos entre un 10 y 40%. En un estudio realizado por Macías *et al.*, (2001) determinó que la tribu de abejas nativas *Tetragonisca angustula* se consideró eficiente en procesos de polinización en cultivos de tomate, viéndose reflejado en este estudio de igual modo su aporte polinizador en el rendimiento de peso del grano de café.

Según Villas-Bôas (2012) en Ribeirão Preto (Brasil) se creó el método de captura de abejas nativas en botellas trampa con cera, propóleo y miel como atrayentes. En la finca San Pedro se llevó a cabo la instalación de 142 botellas trampa en el sistema de café agroecológico teniendo como resultado la captura de 9 nidos, resaltando que 8 de estos pertenecían a la especie *Tetragonisca angustula*, lo que indica una gran riqueza poblacional de estas en el sistema, la eficacia para este caso de las botellas trampa arrojó un valor de 6,33%, resultado que al compararlo con el trabajo realizado por Garzón *et al.* (2015) que utilizó este mismo método de captura con 80 botellas trampa instaladas y obtuvo una eficacia del 6,25%, mostrando así para ambos casos que el método utilizado es viable para la captura de abejas nativas.

Adicional a esto podemos decir que es de vital importancia tener una idea de la biodiversidad de especies nativas presente en el ecosistema con la finalidad de conservar la especie pues según estudios realizados por Slaa (2006), día a día han disminuido las colonias de abejas nativas, pues esto afectaría la polinización y

disminuiría la cantidad de frutos y por ende la económicamente a los productores agrícolas (Gordon, 2004).

La producción de miel del meliponario ubicado en La Mesa Cundinamarca demostró, que la especie de abejas nativas con un mayor incremento en el peso sus alzas fue *Scaptotrigona sp* con una producción de 660 gramos en los 4 meses de estudio en comparación con *Tetragonisca angustula* en la cual solo las colmenas 31 y 29 presentaron una producción de 220 gramos, en las colmenas 9 y 11 nunca hubo incremento en el peso del alza, por lo que se considera que nunca hubo producción de miel y para el caso de las colmenas 6 y 19 abandonaron la caja inteligente. Según Medina *et al.*, (1994) citado por Guzmán M. (2011) la producción de miel de abejas del genero *Scaptotrigona* está ligada principalmente a los recursos florales a los que pueden acceder y a la fortaleza que posee cada colmena, en áreas cafeteras, su producción de miel anual puede ir entre los 600 y 800 ml por colonia. González et al. (1999) propusieron las especies de *Scaptotrigona* con un gran potencial para ser utilizadas comercialmente como productores de miel, pues Enríquez *et al.* (2005) dice que esta especie de abejas presentan un mayor número de individuos en su colmena y porque tienen mayor adaptabilidad al medio en el que se encuentren. Estudios realizados han demostrado la gran importancia de la producción de mieles de abejas nativas por su gran valor como una tradición de las tribus mayas destacando sus usos medicinales y como intercambio económico dentro de sus tribus, gracias a sus propiedades se han iniciado estudios científicos los cuales están enfocados en su potencial económico (González, J. et al., 2007).

7. CONCLUSIONES

- La acción polinizadora brindada por las abejas nativas aporta ascensos dentro de los sistemas de producción de café en cuanto a calidad de sus frutos con respecto a su peso, por ende mejora el rendimiento de la producción y económicamente beneficia al productor.
- En el sistema agroecológico evaluado se encontró un alto número de población de abejas de la especie *Tetragonisca angustula*. Esto, aunado a que en este sistema se cuenta con certificación de sello verde *Rainforest Alliance Certified* las poblaciones naturales de abejas nativas polinizadoras se ven favorecidas, permitiendo así mismo la conservación de las mismas.
- Para la captura de abejas con botellas trampa, el atrayente cera fue el único que arrojó resultados positivos con respecto al atrayente propóleo en el cual no se presentó ninguna colonización.
- La especie *Scaptotrigona sp* presentó mejores resultados para la producción de miel en comparación con la *Tetragonisca angustula*, pero ambas son importantes agentes polinizadores de los bosques tropicales y cultivos contando con un gran potencial zootécnico.

8. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la utilización de abejas nativas sin aguijón para los procesos de polinización de cultivos de café especialmente *Tetragonisca angustula* que para efectos de este estudio presentó el mayor promedio del peso de fruto de café y además es una de las más abundantes en el medio.
- Dentro de los sistemas de producción agrícolas se deberían implementar técnicas y modelos agroecológicos que favorezcan la biodiversidad de especies nativas presentes en el medio y de esta manera aumentar el número de agentes polinizadores presentes en los cultivos.
- Al implementar el método de botellas trampa para la captura de abejas se recomienda utilizar atrayente tipo cera pues fue el único que presentó resultados positivos en la captura de abejas nativas.
- Se recomienda la utilización de abejas nativas en la polinización de cultivos pues aparte de brindar este servicio se pueden manejar como pequeñas productoras de miel.

REFERENCIAS

- Anderson, S. Kelly, D. Ladley, J. Molloy, S. Terry, J. (2011). Cascading effects of bird functional extinction reduce pollination and plant density. School of Biological Sciences, University of Auckland, New Zealand, vol 331, p 1068-1071.
- Anthony, F. Astorga, C. Berthaud, J. (1999). Los recursos genéticos: *las bases de una solución* genética a los problemas de la caficultura latinoamericana. In de la caficultura Centroamericana, Ed B. Bertrsn & B. Rapidel, IICA, SanJosé , p 369-406.
- Arcila P, J. (2004). Anormalidades en la floración del cafeto. Avances Técnicos cení café. Programa de Investigación Científica. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. ISSN 0120 – 0178, pg 8.
- Baptistella, A. S. (2012). Techniques for the In Vitro Production of Queens in Stingless Bees (Apidae, Meliponini). *Sociobiology*, vol 59, pg 297-310.
- Bonilla, M. (2013). Iniciativa colombiana de polinizadores. Polinización como un servicio ecosistmico. Departamento de biología, Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Humboldt, pg 103.
- Bravo-Monroya, T. Zanolopoulos, J. Potts S.G. (2015). Agriculture, Ecosystems and Environment. Ecological and social drivers of coffee pollination in Santander, scienceDirect, vol 211. p 1,220
- Cardenas, S. (2007). Caracterización morfológica y agronómica de la colección núcleo de café (Coffe arabica L.) del CATIE. Centro de origen y diversificación del café Arabico . Turrialba, Costa Rica. kent academic p.117.
- Contreras, F.& Becerra, F. (2004). Retornando a la apicultura del México antiguo. imagen veterinaria abejas.cepomex, vol 4.no2 Pg 64.
- Daily, G. C. (1997). Nature's Services, Societal Dependence on Natural Ecosystems, Island Press, Washington, ISBN 1597267759, 9781597267755, vol 1, pg. 412.
- Diodato L, F. A. (2008). Valor y beneficios de las abejas nativas. (Hymenoptera: Apoidea), en los bosques del Chaco, Argentina, Revista de Ciencias Forestales, vol. 15. pg 20.
- Duran R. Méndez M. (2010). Biodiversidad y desarrollo humano en yucatan. Producción tradicional de miel: abejas nativas sin aguijón (trigonas y meliponas). Conabio. pg 382-384.

- Enríquez, E. & Yurrita, C. (2005). Problemática actual y perspectivas de la meliponicultura en Guatemala, Centro América. Memorias del IV Seminario y Taller de abejas nativas sin aguijón. Chalatenango, El Salvador.
- Gallai, N. S.-M. (2009). Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. ScienceDirect board. vol 68. Pg 593,924.
- Garzón. S, Mora. F, Solarte V.M. (2017). Evaluación de la polinización mediada por abejas en el cultivo de café (*Coffea arabica*) en los municipios de Caparrapí y Guaduas (Cundinamarca). Universidad de Cundinamarca Fusagasugá Pg 21.
- González,J. Medina, L. (1999). *Scaptotrigona pectoralis*: una abeja nativa con potencial de ser explotada en el trópico de México. Memorias XIII Seminario Americano de Apicultura, Michoacán, México.
- González A. (2012). La importancia de la *meliponicultura* en México con énfasis en la Península de Yucatán. *Meliponicultura* precolombina. Bioagrociencias. Vol. 5. 34-39
- González, J. Quezada J. (2007). Producción tradicional de miel abejas nativas sin aguijón (*Trigonas y Meliponas*). Uso de La flora y fauna silvestre. Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. Pp. 1-3.
- Gordon, J. B. (2004). Pollination studies: Where are the gaps. International Journal of Tropical Insect .South Africa.vol24.pg 5,28
- Guzmán, M. Balboa, C. Vandame, R. Albores, M. González, J. (2011). Manejo de las abejas nativas sin aguijón en México: *Melipona beecheii* y *Scaptotrigona mexicana*. El Colegio de la Frontera Sur.pg 59
- Jaramillo, A. (2012). Efecto de las abejas silvestres en la polinización del café (*Coffea arabica*: Rubiaceae) en tres sistemas de producción en el departamento de Antioquia. UNAL de Colombia sede Medellín. Pg 14.
- Kwapong, P. Aidoo, K. Combey, R. Karikari, A. (2010). Stingless Bees. Importance, management and utilization. A Training Manual For Stingless Beekeeping. Unimax Macmillan. ISBN 978-9988-0-4496-1. Pg 82.
- Kevan, P.Phillips, T. (2001). The economic impacts of pollinator declines: an approach to assessing the consequences. Conservation Ecology. ISBN 12579–12582.vol 5.No 1 .pg. 368,383

- Kinnaird, M. Sanderson, E. O'Brien, Wibisono T. & Woolmer, G. (2003). Deforestation trends in a tropical landscape and implications for endangered large mammals. *Journal Conservation Biology*. Vol 17.pg 245-257.
- Klein, A., Steffan-Dewenter, I. Tschardtke, T. (2003). Bee pollination and fruit set of *Coffea arabica* and *C. canephora* (Rubiaceae). National Library of Medicine National Institutes of Health London. Vol 27, pg. 955,961.
- Kremen, C., Williams, N. Thorp, R. (2002). Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. Vol 99. No 26.pg 5.
- Leon J. (2000). Colour-coded sampling: the pan trap colour preferences of oligolectic and nonoligolectic bees associated with a vernal pool plant. *Ecological Entomology* Vol. 24.pg 329,335.
- Macías, M. Quezada-Euán, V. Parra, V. Reyes. (2001). Comportamiento y eficiencia de polinización de las abejas sin aguijón (*Nannotrigona perilampoides*) en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*) bajo condiciones de invernadero en Yucatán, México. II Seminario Mexicano sobre abejas sin aguijón. Pg. 119,124.
- Manrique, A., Thimann, R., (2002). Coffee (*Coffea arabica*) Pollination with Africanized honeybees in Venezuela. *Interciencia-caracas*. Vol 27.no 8. pg 414,416.
- Medina, M; Guzmán, M; Jaramillo, O. (1994). Biología y Cultivo de *Scaptotrigona mexicana*. Parte VI: Producción de miel en abejas "congo". Resumen. VIII Seminario Americano de Apicultura. Villahermosa, Tabasco
- Michener. (2000). The bees of the world. Estados Unidos. *The Johns Hopkins University Press*, pg 913 .
- Mota J. Poveda. Cueto M. & Encarna M. (2003) Flora amenazada de la provincia de Almería. Sistemas de reproducción sexual (SRS). Ed. III. Almeria .Universidad Almería, - 329 pg.
- Munyuly., T. (2011). Farmers' perceptions of pollinators' importance in coffee production in Uganda. *Agricultural Sciences*. vol 2.pg 318,333.
- Nates-Parra, G. (2001). *Guía para la cría y manejo de la abeja angelita o virginita (tetragonisca angustula)*. bogota dc Convenio Andrés Bello.: SECAB, Serie ciencia y Tecnología no 84.
- Nates-Parra, G. and González, V. (2000). Las abejas silvestres de Colombia: por qué y cómo conservarlas. *Acta Biológica Columbiana*. vol 5. no2. pg 33.

- Nates-Parra, G. (2005). Abejas corbinculadas de Colombia (Hymenoptera: Apidae). Sección de publicaciones, Unibiblos Ed. Universidad Nacional de Colombia; Bogotá. Pg 156.
- Nates-Parra, G. Rosso-Londoño, J. (2013). Diversity of Stingless Bees (Hymenoptera:Meliponini) Used in Meliponiculture in Colombia. *Acta biol.Colomb.* vol18.pg 415,426.
- Nogueira-Neto, P. (1953.). Criação de abelhas indígenas sem ferrão (Meliponinae). São Paulo.Chácaras e Quintais.ed 2.pg 365.
- Obregon, D. Nates, G. (2014). "Floral Preference of *Melipona eburnea* Friese (Hymenoptera: Apidae) in a Colombian Andean Region". *Neotropical Entomology* ISSN. Springer pg.53, 60.
- Pantoja A, S. P. (2014). Principios y avances sobre polinización como servicio ambiental para la agricultura sostenible en países de Latinoamérica y el Caribe. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Santiago, Chile, ISBN, 978-92-5-308099.pg 56.
- Priti and Sihag, R. (1997). Diversity, visitation, frequency, foraging behaviour and pollinating efficiency of insect pollinators visiting cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. botrytis cv. Hazipur Local) blossoms. *Indian Bee Journal*.vol 2.pg 95,107
- Quezada E. (2009.). Potencial de las Abejas Nativas en la Polinización de cultivos. Native Bees potential on crop polinization. *Acta Biológica Colombiana. revistas unal.* vol 4. pg 116.
- Rebecca H.N. Karanja, G. N. (2013.). The Role of Bee Pollinators in Improving Berry Weight and Coffee Cup Quality. *Asian Journal of Agricultural Sciences.* vol 4. pg 52,55.
- Reyes, J. Cano, P (2000). Manual de polinización apícola. La polinización de los cultivos por abejas. Programa nacional para el control de la abeja africana. Pg. 58.
- Ricketts, T. H. (2004). Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación. *Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación.* vol18, pg. 1,10.
- Ricketts, T.Regetz, J.Steffan, D.Cunningham, S.Kremen, C.Bogdanski ,A. Gemmill, B. Greenleaf, S. Klein, A. Mayfield, M. Morandin, L. Ochieng, A. Potts, S. Viana, B. (2008). Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? *Ecology Letters.* Washington. vol 11. pg 499,515.

Roubik, D. W. (1995) Pollination of Cultivated Plants in the Tropics. Food and Agriculture Organization, Rome.pg 620

Roubik, D. W. (2002). The value of bees to the coffee harvest. Nature Publishing Group. Vol, 417. Pg. 708.

Serna,C. Trejos, J. Cruz, G. Calderon, P. (2010). Estudio económico de sistemas de producción cafeteros certificados y no certificados en dos regiones de Colombia. Ed, Cenicafe, Pg 222,224

Schwarz, H. (1948). Stingless bees (Meliponidae) of the Western. *Bull Am Mus Nat Hist*.vol 1. pg 546

Slaa, E. Sánchez, L. Malagodi-Braga, K. Hofstede, F. (2006). Stingless bees in applied pollination: practice and perspectives. Ed, Apidologie, vol. 37, pg. 293–315.

Vergara, C. Badano, E. (2009). Pollinator diversity increases fruit production in Mexican coffee plantations: The importance of rustic management systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 129: vol 6. Pg 117–123

VILLAS-BÔAS, J. (2012). Manual Tecnológico: Mel de Abelhas sem Ferrão. Brasília – DF. Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN). Pg 96.

ANEXOS

Anexo A. PRUEBA DE NORMALIDAD (Shapiro-Wilks)

Variable	n	W	p
Peso (g)	186	0.95	<0.0001
DP (cm)	186	0.89	<0.0001
DE (cm)	186	0.92	<0.0001

Anexo B. Homoscedaticidad (prueba F para igualdad de varianzas)

1. Estado de Maduración

Variable	F	p
Peso (g)	0.419	0.0056
DP (cm)	0.237	<0.0001
DE (cm)	0.768	0.3693

2. Estado de Sobremaduración

Variable	F	P
Peso (g)	8.816	0.0058
DP (cm)	9.0	0.0054
DE (cm)	11.0	0.0024

Anexo C. Prueba de Kruskal-Wallis

Peso granos maduros

Tratamiento	N	Medias D.E.	Medianas	gl	C	H	p
Libre polinización	27	1,30 0,20	1,40	3	0,98	17,47	0,0005
Scaptotrigona sp	44	1,49 0,19	1,50				
Sin Polinizador	52	1,48 0,20	1,50				
T. angustula	42	1,59 0,30	1,50				

Trat.	Ranks	
Libre polinización	50,11	A
Sin agent Polinizador	83,61	B
Scaptotrigona sp	88,11	B
T. angustula	98,04	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Diámetro polar granos maduros

Tratamiento	N	Medias D.E.	Medianas	gl	C	H	p
Libre polinización	27	0,51 0,12	0,50	3	0,89	20,39	<0,0001
Scaptotrigona sp	44	0,41 0,06	0,40				
Sin Polinizador	52	0,45 0,09	0,40				
T. angustula	42	0,50 0,12	0,50				

Trat.	Ranks	
Scaptotrigona sp	59,77	A
Sin Polinizador	79,17	B
T. angustula	98,67	C
Libre polinización	103,85	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Diámetro ecuatorial granos maduros

Tratamiento	N	Medias D.E.	Medianas	gl	C	H	p
Libre polinización	27	0,34 0,11	0,30	3	0,92	12,31	0,0039
Scaptotrigona sp	44	0,42 0,10	0,40				
Sin Polinizador	52	0,40 0,09	0,40				
T. angustula	42	0,42 0,11	0,40				

Trat.	Ranks	
Libre polinización	55,41	A
Sin Polinizador	82,01	B
T. angustula	91,08	B
Scaptotrigona sp	93,39	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Peso granos sobremaduros

Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	gl	C	H	p
Scaptotrigona sp	4	1,80	0,60	2,10	2	0,94	3,10	0,1912
Sin Polinizador	12	2,01	0,20	2,10				
T. angustula	5	2,26	0,27	2,20				

Diámetro polar granos sobremaduros

Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	gl	C	H	p
Scaptotrigona sp	4	0,55	0,17	0,60	2	0,82	4,38	0,0692
Sin Polinizador	12	0,62	0,06	0,60				
T. angustula	5	0,70	0,07	0,70				

Diámetro ecuatorial granos sobremaduros

Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	gl	C	H	p
Scaptotrigona sp	4	0,53	0,22	0,60	2	0,82	0,65	0,6719
Sin Polinizador	12	0,54	0,07	0,55				
T. angustula	5	0,56	0,05	0,60				