



PROGRAMA CRIA SUR OCCIDENTE
CADENA APÍCOLA – MIEL DE ABEJAS
MEJORAMIENTO GENÉTICO DE ABEJAS (*Apis mellifera*) PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD
DE COLONIAS ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Co Ejecutores:



Centro de Transferencia de Tecnología Apícola del Programa Moscamed
Comité Apícola de la Asociación Guatemalteca de Exportadores AGEXPORT

Equipo Investigador Colaborador:

Dr. Raúl Rivera
Dr. Pedro Rendón
Ing. Marino Barrientos
Apigdo. Jorge Ibarra

Guatemala, junio de 2020.





“Este proyecto fue ejecutado gracias al apoyo financiero del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés). El contenido de esta publicación es responsabilidad de su(s) autor(es) y de la institución(es) a las que pertenecen. La mención de empresas o productos comerciales no implica la aprobación o preferencia sobre otros de naturaleza similar que no se mencionan.



INDICE

INDICE	4
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEORICO	2
2.1. Genética de las abejas y su mejoramiento genético por selección	2
2.2. Razas de las abejas y sus características	5
2.3. Origen y características de abejas seleccionada localmente	6
3. OBJETIVOS	8
3.1. Objetivo General	8
3.2. Objetivos Específicos	8
4. HIPOTESIS	8
5. METODOLOGIA	9
5.1. Mejoramiento Genético de Abejas	9
5.1.1. Establecimiento de un banco de zánganos de genética seleccionada localmente	9
5.1.2. Importación de abejas reina fecundadas de genética europea	12
5.1.3. Crianza y fecundación de abejas reina F1	15
5.1.4. Transporte e introducción de abejas reina F1 a apiarios experimentales	21
5.2. Establecimiento de Apiarios Experimentales	25
5.2.1. Características de establecimiento y manejo del experimento	25
5.2.2. Localidad y época	26
5.3. Diseño experimental y tratamientos de la investigación	26
5.4. Unidad experimental	30
5.5. Variables respuesta	30
5.6. Modelo estadístico y análisis de la información	33
6. RESULTADOS	34
6.1. Incremento acumulado del peso por colmena	35
6.2. Producción promedio de miel por colmena	37
6.3. Prueba de Stort	39
6.4. Incidencia de plagas y enfermedades	43



6.4.1.	Incidencia de Nosemiasis	43
6.4.2.	Incidencia de Amebiasis	44
6.4.3.	Incidencia de Varroasis	45
7.	CONCLUSIONES.....	47
8.	RECOMENDACIONES	48
9.	BIBLIOGRAFIA	49
10.	ANEXO 1: Ilustraciones de la metodología del proyecto de investigación	50
10.1.	Mejoramiento genético: Establecimiento de banco de zánganos	50
10.2.	Mejoramiento genético: Crianza y fecundación de abejas reinas F1	54
10.3.	Establecimiento de apiarios experimentales: Asistencia técnica	56
10.4.	Establecimiento de apiarios experimentales: Identificación de apiarios y tratamientos	60
10.5.	Establecimiento de apiarios experimentales: Introducción de tratamientos	64
10.6.	Evaluación de los tratamientos: Método pesaje de colmenas	69
10.7.	Evaluación de los tratamientos: Prueba de Stort.....	70
10.8.	Evaluación de los tratamientos: Monitoreo de plagas y enfermedades.....	72
11.	ANEXO 2: Análisis de información y resultados del proyecto de investigación	73
11.1.	Análisis estadístico: Incremento de peso acumulado por colmena	73
11.2.	Análisis estadístico: Producción promedio de miel por colmena.....	75
11.3.	Información relacionada a la producción de miel.....	75
11.4.	Análisis estadístico: Prueba de Stort	77
11.5.	Análisis estadístico: Monitoreo de plagas y enfermedades	77
11.6.	Monitoreo de variables climáticas	80
12.	ANEXO 3: Difusión y divulgación de los resultados de la investigación.....	82



SIGLAS Y ACRONIMOS

AGEXPORT	Asociación Guatemalteca de Exportadores
ARNPG	Asociación de Reservas Naturales Privadas de Guatemala
CRIA	Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria
COPIARURO	Cooperativa de Producción Integral Apicultores del Sur Occidente R.L.
CTTA	Centro de Transferencia de Tecnología Apícola
EUA	Estados Unidos de América
FECCEG	Federación Comercializadora de Café Especial de Guatemala
ICTA	Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
MAGA	Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación
MOSCAMED	Institución oficial para supresión y erradicación de la mosca del Mediterráneo
PROSAPI	Programa Nacional de Sanidad Apícola
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
USDA APHIS	Animal and Plant Health Inspection Service - United States Department of Agriculture
VISAR	Viceministerio de Sanidad Agropecuaria y Regulaciones
WSU	Washington State University



I. RESUMEN

El proyecto de investigación “Mejoramiento Genético de Abejas para Incrementar la Productividad de Colonias ante el Cambio Climático” desarrollado en el marco del Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria CRIA permitió evaluar la capacidad productiva de las abejas para coleccionar y almacenar néctar y polen en períodos de floración más cortos, siendo que en la actualidad las épocas de floración con frecuencia son interrumpidas por lluvias tempranas, vientos fuertes o condiciones de sequía. Permitted también evaluar el nivel de reacción de defensividad (agresividad) de las abejas durante labores culturales de mantenimiento y a través de pruebas específicas para la identificación de material genético con mayor docilidad, algo muy importante para la producción de miel como también para el manejo tecnificado de abejas para la polinización en sistemas agrícolas, propiciando la seguridad del personal y de comunidades cercanas.

El mejoramiento genético de abejas que consistió en un proceso de selección periódica recíproca a través del cruzamiento a partir de abejas seleccionadas localmente según su registro de producción de miel y agresividad media, con las que se estableció un banco de zánganos que permitió la fecundación natural de abejas reinas F1. Estas abejas F1 fueron producidas en el CTTA a partir de reinas importadas de EUA de la raza Cárnica e híbridos Italiana x Caucásica e Italiana x Cárnica, procedentes de los programas de selección y crianza de abejas de Washington State University y de BeeWeaver Honey Farm.

El establecimiento de apiarios experimentales involucró el traslado de abejas reinas F1 fecundadas hacia 04 apiarios experimentales de 50 colmenas, ubicados en diferentes pisos altitudinales, representativos de las principales zonas apícolas del país: Pajapita San Marcos, Colimba Quetzaltenango, San Pedro La Laguna Sololá y Chicacao Suchitepéquez. Apiarios establecidos y manejados a través de procedimientos uniformes y estandarizados a través del trabajo realizado en conjunto con COPIASURO R.L, FECCEG, Apícola Atitlán R.L. y con la Asociación de Reservas Naturales Privadas de Guatemala (ARNPG). A través de un diseño experimental en bloques al azar, se realizó la aleatorización de tratamientos y su introducción a través de reinas F1 fecundadas: Tratamiento A (Cárnica Estrella); Tratamiento B (Cárnica), Tratamiento C (Italiana x Caucásica) y Tratamiento D (Italiana x Cárnica). A su vez el tratamiento testigo estuvo representado por colmenas con reinas disponibles en cada localidad Tratamiento E (Genética local).

Las colmenas de todos los tratamientos recibieron un manejo estandarizado basado en el manejo estacional de colmenas dirigido por el CTTA del Programa MOSCAMED. La Evaluación de los tratamientos dio inicio 45 días después de la introducción de las reinas F1 de cada tratamiento, habiéndose desarrollado poblaciones de abejas adultas F2 prole de cada tipo de reinas. Para evaluar la productividad de las colonias se utilizó el método de pesaje de colmenas y para evaluar su defensividad (agresividad) se utilizó la prueba de Stort. Se desarrolló a su vez el monitoreo de plagas y enfermedades apícolas y de condiciones ambientales como humedad relativa, temperatura, velocidad del viento y precipitación pluvial.

Según los resultados obtenidos para el período de evaluación, su análisis a través de la aplicación del modelo estadístico seleccionado y su interpretación es posible enumerar a los tratamientos evaluados, en orden de importancia según su desempeño, de la siguiente manera: D (Italiana x Cárnica), C (Italiana x Caucásica), E (Testigo), B (Cárnica) y A (Cárnica Estrella).



1. INTRODUCCIÓN

El proyecto de investigación “Mejoramiento genético de abejas para incrementar la productividad de colonias ante el cambio climático” fue propuesto por la Asociación Guatemalteca de Exportadores AGEXPORT y el Programa MOSCAMED en apoyo al sector apícola ante la disminución de la capacidad productiva generalizada que se ha observado en el país durante la última década, así como también ante las dificultades de manejo de colonias que han incrementado su grado de africanización a través del tiempo. Siendo el propósito trascendental aportar alternativas para la selección de líneas de abejas con mejores características, considerando a la vez el desafío de adaptación que representa actualmente el impacto del cambio climático que ha repercutido en épocas de producción de miel cada vez más cortas ante el cambio drástico de las condiciones climáticas en períodos cortos.

Su realización fue posible gracias al Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria CRIA, liderado en Guatemala por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA y diseñado para fortalecer procesos de investigación conjunta realizados por el ICTA y los Centros Regionales Universitarios, facilitar el desarrollo de las estructuras y cultura dentro del sector público del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) para trabajar con la sociedad civil para que puedan proporcionar investigación agrícola y rural aplicada necesaria y sostenible para apoyar el funcionamiento del sector agrícola y rural productivo en Guatemala.

Desarrollándose un proceso de socialización de la propuesta que permitió contar con los aportes y el aval del Consorcio de la Cadena de Miel adscrito al programa CRIA. La dirección del proyecto fue desarrollada de forma colaborativa a través de la integración de un equipo investigador de alto nivel: Apidólogo. Jorge Ibarra Urrutia-Experto en Apicultura; PhD. Raúl Rivera-Experto en Apicultura e Investigación Apícola; PhD. Pedro Rendon-Experto en Entomología e Investigación Agrícola; MSc. Marino Barrientos-Experto en Estadística e Investigación Agrícola. La ejecución del proyecto fue desarrollada en conjunto por el Centro de Transferencia de Tecnología Apícola CTTA del Programa MOSCAMED y el Comité Apícola de AGEXPORT.

Componente fundamental para el desarrollo del proyecto de investigación estuvo representada por el trabajo colaborativo y apoyo de diferentes instituciones y programas que apoyan al sector apícola en el país, así como también por alianzas colaborativas que se establecieron con diferentes asociaciones y cooperativas del sector: USDA APHIS, Dirección de Sanidad Animal y Programa de Sanidad Apícola PROSAPI VISAR MAGA, COPIASURO R.L, FECCEG, Apícola Atitlán R.L, ARNPG, principalmente.

El presente documento es una compilación de información relevante que parte de los fundamentos teóricos que permitieron sustentar y diseñar el proyecto de investigación desarrollado, los objetivos perseguidos y la hipótesis planteada, así como información metodológica con la que se busca brindar un detalle sobre los procedimientos y actividades realizadas en cada una de las etapas de implementación y desarrollo de la investigación: Mejoramiento genético de abejas, establecimiento y mantenimiento de apiarios experimentales, evaluación de los tratamientos y modelo estadístico aplicado para el análisis de la información generada. Finalmente se hace énfasis los resultados obtenidos y su interpretación para cada una de las variables respuesta y variables complementarias de investigación.



2. MARCO TEORICO

Según estudios realizados en México por el INIFAP Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias y la UNAM Universidad Nacional Autónoma de México, se puede afirmar que las abejas africanizadas son 5 a 7 veces más defensivas en comparación con las abejas europeas, lo cual hace difícil el manejo de colonias en apiarios comerciales. Se ha demostrado además que la defensividad de la abeja *Apis mellifera* es genéticamente heredable bajo un patrón de dominancia, por lo que a través de cruzamientos o selección es posible reducir este comportamiento.

INIFAP y la UNAM determinaron también a inicios de la década de los años 2,000 a través de retro cruza mediante inseminación instrumental que el máximo nivel de africanización tolerable es un 25%, con el cual es posible tener colonias de abejas manejables que no generen mayores problemas por defensividad (agresividad), facilitando la instalación y extensión de nuevos apiarios. Un procedimiento similar al utilizado en los estudios planteados es el que se propone en este proyecto con el fin de obtener mejoras en las características de las abejas utilizadas en la producción local. Este procedimiento de cruces es lo que se propone en este estudio para mejorar la productividad y otras características de las abejas.

Durante la misma década a través de ensayos de investigación se demostró que ciertas características favorables para la producción de miel como lo son la especialización de las abejas para coleccionar néctar, así como la longevidad de estas, presentan una variación genética que puede estar sujeta a procesos de mejoramiento genético con el fin de generar poblaciones para una alta producción de miel. Así también se determinó que las abejas africanizadas producen significativamente menor cantidad de miel en comparación con abejas europeas, por lo que se hace necesaria la introducción de genes de abejas europeas en poblaciones de abejas para incrementar la producción de miel (Uribe, J; Guzmán, E. 2002).

Es importante resaltar que tanto la defensividad (agresividad) como la capacidad productiva de las abejas, son características de comportamiento altamente influenciadas por factores genéticos hereditarios (Uribe, J; Guzmán, E. 2002). Así mismo son consideradas dentro de la genética como Fenotipos, que se generan como resultado de la interacción de factores genéticos (Genotipo) y factores ambientales (Gramacho, K. & Goncalves, L. 2000). Por lo que se considera que la introducción periódica programada de genes europeos (Razas de abejas europeas) a través del cambio frecuente de abejas reinas, permitiría desarrollar localmente la selección de abejas con africanización controlada a través de un híbrido que atenúe la defensividad e incremente la productividad.

2.1. Genética de las abejas y su mejoramiento genético por selección

En la mayoría de las especies animales el resultado de la unión de la célula de un espermatozoide con la célula de un huevo origina un nuevo individuo. Cada uno contiene un juego de cromosomas, llamado número diploide. Las abejas melíferas femeninas, tanto obreras como reinas, surgen de huevos fertilizados y efectivamente tienen el número diploide de cromosomas $2N = 32$. Los zánganos son diferentes, pues se desarrollan de huevos sin fertilizar y como consecuencia de ello tienen sólo cromosomas de un único progenitor, o sea su madre. Los zánganos comienzan su vida con el número haploide de cromosomas $1N = 16$ (Dadant & Sons. 1975).

Tal haplodiploidicidad de la abeja melífera es causa de dos fenómenos excepcionales. Uno de ellos concierne la iniciación de segmentación y el otro tiene que ver con meiosis. Normalmente un huevo de animal se mantiene en un estado de latencia hasta que es fertilizado por un espermatozoide. Sin no ocurre la penetración del espermatozoide al huevo, éste muere. No sucede lo mismo en el caso del huevo de la abeja. Aquí incide otro estímulo que causa el desdoblamiento. La penetración del espermatozoide no es un factor necesario para el desarrollo.

En animales diploides el número $2N$ de cromosomas se reduce a $1N$ en el momento de la formación de huevos y espermatozoides. El proceso de meiosis resulta básico para la transmisión de las características genéticas. Como consecuencia de ello, cada progenitor transmite la mitad de sus cromosomas a cada descendiente. Este no es el caso del zángano, que solo tiene $1N$ número de cromosomas. El proceso de meiosis se ha modificado y ocurre una reducción en el número de cromosomas. Su complemento total de cromosomas pasa a cada espermatozoide y no hay variación genética entre los espermatozoides de ningún zángano, un hecho de profunda importancia para la cría y genética.

Una colonia de abejas no es ni un individuo ni una población, en el sentido genético de ambos términos. Es en cambio, una especie de familia compuesta por una madre (La reina), varios padres (Los zánganos con quienes se aparea) y su prole. Ha sido llamada una “Superfamilia” compuesta de varias “Subfamilias” Rothenbuhler, 1960. La reina es la madre de todas las subfamilias mientras que cada zángano es el padre de una sola subfamilia (Dadant & Sons. 1975).

El esquema a continuación ilustra el proceso de apareamiento de una abeja reina con cuatro zánganos cuyo resultado es la producción de cuatro subfamilias de abejas obreras. La colonia completa se designa con el nombre de superfamilia.

Figura 1: Colonia de abejas, una Super Familia.



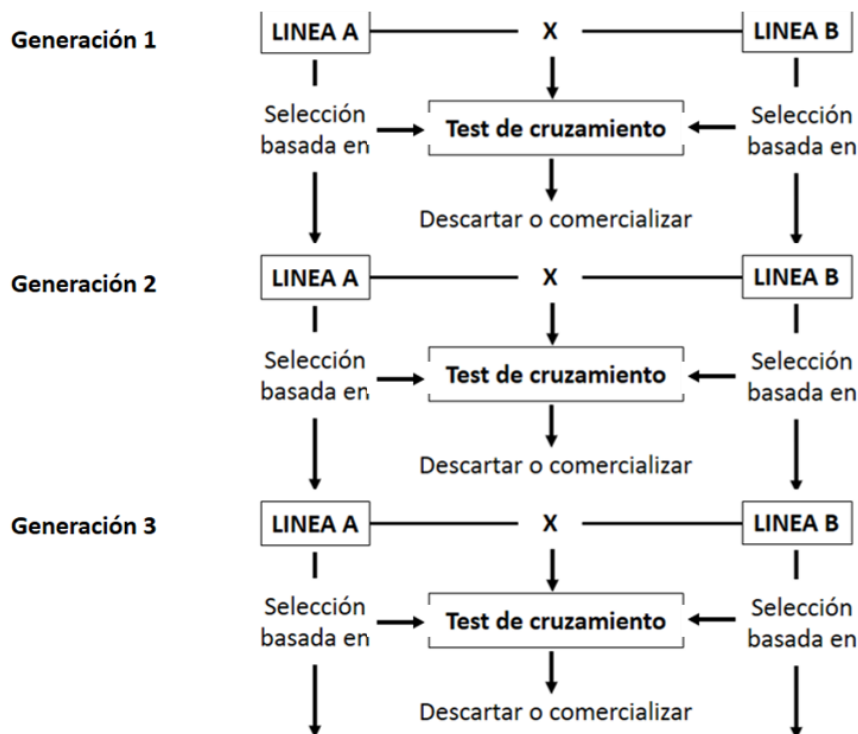
Fuente: La Colmena y la Abeja Melífera. Dadant & Sons. 1975.

Las abejas obreras hijas de una reina consanguínea, apareada con un solo zángano, serán idénticas entre sí, pero podrían ser muy diferentes de las abejas obreras producto de otro apareamiento de la misma reina. Eso es útil para analizar la base genética de una diferencia de comportamiento de dos líneas de abejas de una misma colonia (Rothenbuhler, 1964).

El mejoramiento genético se fundamenta en multiplicar a las abejas que tengan mejor constitución genética (Genotipo), que se determina de manera indirecta a través del estudio del comportamiento de estas ante los factores ambientales a los que se encuentran expuestas (fenotipo). Así como de los fenotipos de sus antepasados, hermanos o de la progenie (Dadant & Sons. 1975).

Para la cría de abejas en un proceso de mejoramiento genético, es aplicable el método de la selección periódica recíproca que constituye una forma de concentrar la genética deseada a fin de formar líneas consanguíneas con un mayor grado de cualidades de comportamiento buscadas, cuando son usadas en combinaciones cruzadas. En este sentido, considerando el costo de desarrollar una línea consanguínea de abejas, así como el hecho de que un programa de cría solo puede mantener un número limitado de líneas, el proceso de cría de reinas para mejoramiento genético a través de la selección periódica recíproca tiene la ventaja de mantener la consanguinidad a un nivel bajo o inexistente, a la vez que se permite la selección dentro de las líneas en desarrollo.

Figura 2: Selección periódica recíproca.



Fuente: La Colmena y la Abeja Melífera. Dadant & Sons. 1975.

2.2. Razas de las abejas y sus características

Relacionado con las razas de abejas y su valor económico reconocido cabe destacar que la abeja melífera se considera un animal doméstico, sin embargo, es mucho más antigua que el hombre y desarrolló sus formas actuales sin la interferencia humana, esta es la diferencia fundamental entre la abeja melífera y otros animales domésticos, dado que todos los demás sufrieron cambios intensos debido a la intervención del hombre (Dadant & Sons. 1975).

Originaria de Europa, África y Levante, la abeja melífera estuvo liberada durante mucho tiempo a la selección natural, en épocas lejanas la influencia del hombre sobre su hábitat era muy poca o casi inexistente. En las diferentes zonas, bajo la influencia de una selección consecuencia del clima, flora y enemigos naturales, las abejas fueron adaptándose a las condiciones predominantes tal y como sucedió como otros animales salvajes y plantas silvestres. Dando lugar a diferentes tipos de abejas que se conocen generalmente como razas naturales, geográficas o subespecies. Por tal motivo, el término “Raza” no tiene el mismo significado en la cría de abejas que en el caso de otros animales. A continuación, se describen las principales razas (Dadant & Sons. 1975):

Las abejas Carniolas *Apis mellifera* cárnica Pollmann

- Originaria del Sur de los Alpes Austríacos y el Norte de los Balcanes (Yugoslavia). Cárnica en un sentido más amplio: Macedonia con todo el valle del Danubio (Hungría, Rumania y Bulgaria).
- Es la raza más tranquila y mansa. Su ritmo de producción de cría es muy intenso y progresivo.
- Invernan en colonias pequeñas y con poco consumo de alimento, la cría comienza con la primera entrada de polen y luego se produce un desarrollo rápido.
- Tiene muy buen sentido de orientación y ninguna inclinación por el pillaje. Una de las características más particulares de esta abeja es su vitalidad y una reacción rápida y energética frente a cualquier cambio de ambiente.

Las abejas Caucásicas *Apis mellifera* caucásica Gorb.

- Originaria de los altos valles del Cáucaso Central (Abejas de Gruzinia y Mingrelia).
- Generalmente se pone en relieve su mansedumbre y tranquilidad sobre panales, son activas productoras de cría, levantando colonias fuertes, sin embargo, no alcanzan la plenitud de su fortaleza hasta mediados del verano.
- Débil tendencia a la enjambrazón. Poseen inclinación a equivocarse de colmena y al pillaje.
- En Europa Occidental, solo se reproduce esta abeja con fines experimentales debido a su susceptibilidad al Nosema y a su baja producción de miel comparada con la Carniola.

Las abejas Italianas *Apis mellifera* lingustica Spin.

- Originaria de Italia. Habitualmente mansa. Tiene una disposición extraordinariamente fuerte a producir gran cantidad de cría; su inclinación hacia la enjambrazón es escasa.

- En caso de poco flujo de néctar en verano, la lengua larga (Probóscide) representa una ventaja que hace factible el aprovechamiento de una gama más amplia de especies botánicas.
- Posee buen instinto para la construcción; cubre la miel con opérculos de un blanco brillante y se considera que ninguna otra abeja produce miel en panales tan hermosos como la abeja italiana.
- Es hija del clima del Mediterráneo: Inviernos cortos, benignos y húmedos, veranos secos con un prolongado flujo de néctar.

2.3. Origen y características de abejas seleccionada localmente

En 1994 se implementó un centro de mejoramiento genético en Finca Los Brillantes, municipio de Santa Cruz Muluá, departamento de Retalhuleu, Guatemala, con el objeto de reducir la africanización en el área sur occidental del país, en esta oportunidad se importaron y evaluaron 4 líneas de abejas que en ese momento eran consideradas un buen patrón. Las razas importadas fueron Carniolas, las cuales se obtuvieron a través del centro de mejoramiento genético dirigido por la PhD. Susan Cobey, ubicado en el estado de Ohio, USA. Así como Caucásicas, Italianas y una línea de abejas de origen ruso obtenidas de Kona Queens Hawaii.

La metodología utilizada en dicha oportunidad para la evaluación de las razas fue por medio de la instalación de 5 estaciones experimentales en diferentes estratos y regiones, cada una con 10 unidades, evaluándose 2 unidades por raza en cada apiario. Se registró el desarrollo de la colmena a través de medición de cría, número de panales con abejas, cantidad de miel almacenada durante la temporada y grado de defensividad. Parte del proceso involucró el monitoreo de plagas y enfermedades, analizándose muestras de abejas para determinar los rangos de infestación de plagas y enfermedades comunes de las abejas. Determinándose que la raza cárnica presentó un mejor desempeño durante las evaluaciones de campo y de la cual se distribuyeron más de 20,000 reinas en un período de 5 años.

A través del tiempo una recombinación de razas de abejas dio lugar a una línea encontrada en el departamento de Sololá Guatemala durante los años 2005-2006, denominándose línea tipo Sololá, que continuó siendo reproducida y distribuida por el Centro de Transferencia de Tecnología Apícola CTTA del Programa MOSCAMED hasta la época actual. Lo anterior permitió para el período 2016 - 2018 seleccionar y concentrar nuevamente abejas reina locales con características fenotípicas sobresalientes, en base a su registro de producción y defensividad, provenientes de diferentes rangos altitudinales comprendidos entre 70 a 1800 metros sobre el nivel del mar.

De los apiarios asistidos por técnicos del CTTA, en el Sur Occidente del país, se solicitó a los apicultores información sobre los 2 últimos periodos de cosecha, para identificar colmenas que sobresalieran por su alta producción de miel y nivel aceptable de agresividad, seleccionándose 5 colmenas por apiario con estas características. En este periodo no se aplicó ningún producto para control de plagas y enfermedades comunes en las abejas, la producción osciló entre 80 y 115 libras de miel por colmena y un nivel de defensividad grado 3, lo que se detalla a continuación.

Cuadro 1: Registro de capacidad productiva y defensividad de abejas seleccionadas localmente.

No.	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	LUGAR	ALTURA (msnm)	COORDENADA		PRODUCCIÓN COSECHA 2016-2017 (Lbs/Colmena)	PRODUCCIÓN COSECHA 2017-2018 (Lbs/Colmena)	DEFENSIVIDAD
1	Sololá	Santa Catarina Ixtahuacán	Caserío Chuituj	1607	667799	1623503	120	115	3
2	San Marcos	El Tumbador	Finca El Rosario	802	610711	1642510	85	85	3
3	San Marcos	Malacatán	Finca San Ignacio	743	603963	1652180	80	80	3
4	Quetzaltenango	Coatepeque	Caserío Rancho Grande	76	606435	1621764	85	80	3

Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

Como complemento de la información brindada en el cuadro anterior, se definen los valores del comportamiento defensivo de las abejas (Payró et al. 2010) y (Vándame et al. 2012).

- Valor 1: Es el nivel más agresivo, intolerables para el apicultor experimentado. Pueden reaccionar cuando se están revisando colmenas vecinas y muy difícil su control con suficiente humo. Esto provoca su agresividad y dispersión hacia los alrededores, razón por la cual atacan a personas y animales que se encuentren presentes.
- Valor 2: las abejas reaccionan con un zumbido fuerte y constante. Algunas abejas salen a volar en forma agresiva y chocan con el velo y la ropa de protección del apicultor. En este estado las abejas se consideran como manejables, pero requieren de gran cantidad de humo.
- Valor 3: Las abejas reaccionan a pocos segundos de dejar de utilizar humo, así mismo vuelan algunos metros alrededor del apiario, inclusive distancias en un rango de 100 a 200 metros.
- Valor 4: Las abejas reaccionan con un zumbido fuerte, y pasados algunos segundos, algunas abejas se limitan a sobre volar fuera de la colmena. En general, se pueden manipular bien y con poco humo.
- Valor 5: Generalmente las abejas reaccionan poco a estímulos externos, son dóciles durante las labores de manejo de las colonias y requieren de poco humo.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Impulsar la competitividad del sector apícola guatemalteco a través del mejoramiento genético de la abeja *Apis mellifera*, introduciendo genética de razas europeas para el cruzamiento controlado y la obtención de nuevas líneas genéticas sobresalientes, seleccionadas bajo condiciones actuales de genética y ambiente representativas de las principales zonas de producción apícola del Sur Occidente de Guatemala.

3.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el genotipo actual de abejas locales disponibles (control) respecto a 04 líneas de abejas, resultado del proceso de hibridación; líneas que serán producidas a partir de la introducción de genética de abejas europeas, empleando la técnica de inseminación instrumental.
- Seleccionar nuevas líneas genéticas de abejas para Guatemala, con características de baja defensividad (agresividad) y alta capacidad para la producción de miel.
- Facilitar la utilización de abejas reina de genética mejorada a través de cursos de capacitación en manejo de abejas reina y la transferencia gradual de la genética seleccionada que se basa en el establecimiento de apiarios de fecundación que faciliten la reproducción de abejas mejoradas por parte de apicultores.
- Difundir los resultados generados por la investigación a los consorcios de actores locales y a la cadena de miel del País, utilizando metodologías que aseguren el traslado de las prácticas y/o conocimientos generados.

4. HIPOTESIS

La introducción artificial de genes europeos a través del cambio frecuente de abejas reinas mejoradas locales, permitirá desarrollar la selección de abejas con características de africanización controlada (seleccionada), es decir con menor defensividad (agresividad) y mayor productividad.

5. METODOLOGIA

5.1. Mejoramiento Genético de Abejas

Esta primera etapa del proyecto de investigación consistió en un proceso de selección periódica recíproca a través del cruzamiento a partir de abejas seleccionadas localmente según su registro de producción de miel y agresividad media, con las que se estableció un banco de zánganos que permitió la fecundación natural de abejas reinas F1; que a su vez fueron producidas en el CTTA del Programa MOSCAMED a partir de reinas importadas de la raza Cárnica y de las líneas Italiana x Caucásica e Italiana x Cárnica.

5.1.1. Establecimiento de un banco de zánganos de genética seleccionada localmente

En base a su historial productivo y nivel de defensividad durante los años 2016-2018 fueron seleccionadas 04 líneas locales de abejas y trasladadas al CTTA del Programa MOSCAMED ubicado en el Km 124.5 carretera al pacífico, Rio Bravo Suchitepéquez; procedentes de Quetzaltenango, San Marcos y Sololá, de un rango de altitud entre 70 y 1600 msnm, los cuales fueron identificados con un código de origen y coordenada, este proceso involucró también la identificación y marcaje de reinas, según como se detalla a continuación.

Cuadro 2: Origen e identificación para el marcaje de abejas reina seleccionadas localmente.

CODIGO DE ORIGEN	COLOR	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	LUGAR	COORDENADA		ALTURA (msnm)
PC-01	Amarillo	Sololá	Santa Catarina Ixtahuacán	Caserío Chuituj	667799	1623503	1607
PC-02	Blanco	San Marcos	El Tumbador	Finca El Rosario	610711	1642510	802
PC-03	Rojo	San Marcos	Malacatán	Finca San Ignacio	603963	1652180	743
PC-04	Verde	Quetzaltenango	Coatepeque	Caserío Rancho Grande	606435	1621764	76

Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

Adicionalmente a los materiales seleccionados PC1, PC2, PC3 y PC4, se integró la línea genética con la que el CTTA contaba para su multiplicación para los años 2016-2018, material que se identificó como LOCAL; estas 05 líneas genéticas se mantuvieron bajo observación y registro del personal técnico y expertos del centro para verificar que efectivamente mantuvieran niveles aceptables de defensividad y alto comportamiento productivo.

Luego de este período de observación se inició con un proceso de reproducción y crianza masiva de abejas reina de estas líneas de abejas seleccionadas localmente, este proceso se realizó en el CTTA del Programa MOSCAMED comprendiendo la utilización y mantenimiento de 100 núcleos de fecundación y 50 colmenas iniciadoras y 7 colmenas tipo T, ubicadas en el CTTA. Parte importante de este proceso fue el suministro de alimentación artificial de colmenas madre, colmenas iniciadoras y núcleos de fecundación para garantizar la disponibilidad de reinas para su traslado hacia apiarios aledaños al CTTA.

Se realizó un inventario de apiarios ubicados alrededor del CTTA a un radio de 3 Km y se realizó un proceso de asistencia técnica y capacitaciones dirigidas a los apicultores propietarios o encargados de dichos apiarios a cerca de los objetivos del proceso de mejoramiento genético y capacitación para el manejo tecnificado de la sustitución de reinas existentes en cada colmena, por reinas de las líneas genéticas de selección local.

Las capacitaciones estuvieron orientadas al proceso de introducción de reinas nuevas reinas, suministro de alimentación artificial, monitoreo de plagas y enfermedades, manejo estacional de colmenas. Dándose a conocer los objetivos de la investigación sobre mejoramiento genético y la importancia del aporte de cada uno de los apicultores a través sus apiarios ubicados alrededor del CTTA; este proceso de capacitación estuvo acompañado a su vez del suministro de alimentación artificial, con el propósito de mantener estos apiarios en las condiciones óptimas requeridas por el proyecto, para asegurar una alta población de zánganos progenie de las reinas sustituidas.

El volumen de alimentación suministrado tanto en el proceso de reproducción y crianza de reinas seleccionadas en el CTTA, como durante el proceso de sustitución de reinas y mantenimiento de apiarios aledaños al CTTA se estima en 80 quintales de azúcar morena, 14 quintales de bienestarina.

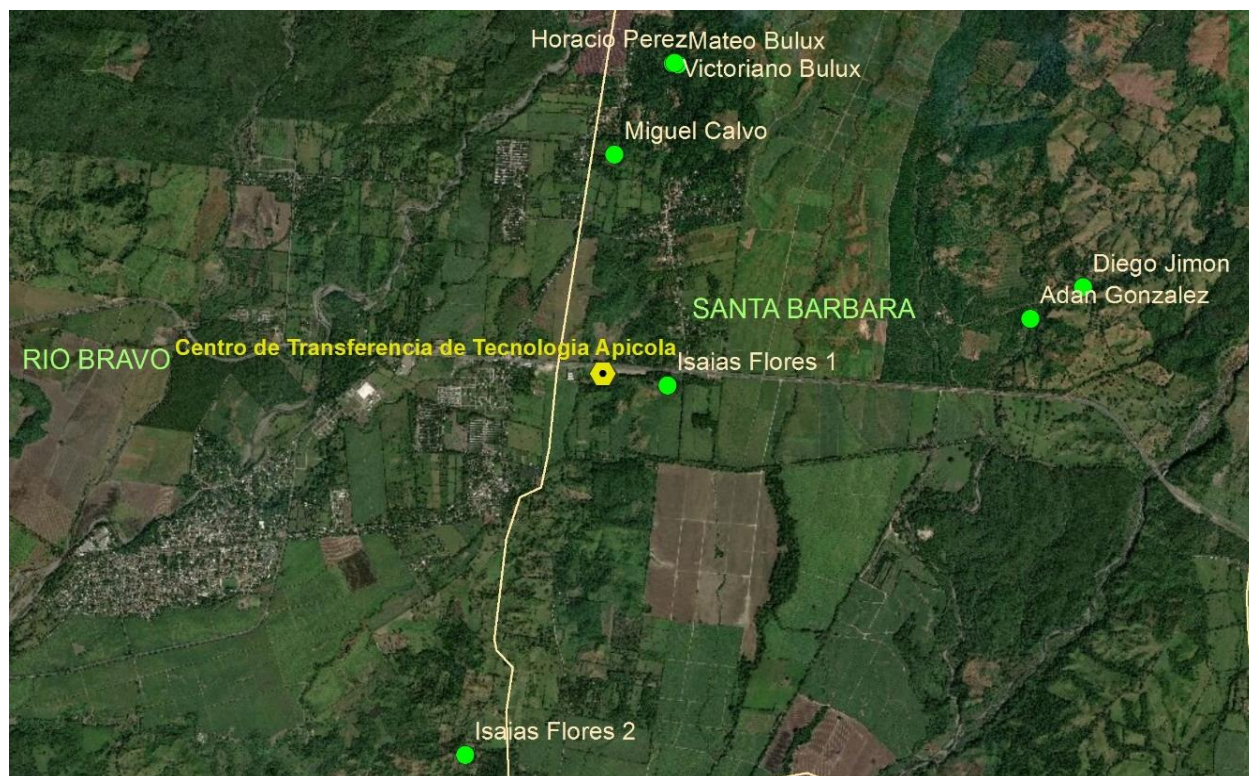
Cuadro3: *Inventario de apiarios localizados a un radio de 3 Km del CTTA Programa MOSCAMED.*

No.	CUADRANTE	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	LUGAR	PROPIETARIO	COLMENAS	LONGITUD	LATITUD	TECNICO RESPONSABLE
1	11,2	Suchitepéquez	Santa Bárbara	Labor Bella Luz	Diego Jimón	11	687718	1594336	DOUGLAS ESCOBEDO
3	11,2	Suchitepéquez	Río Bravo	La Ladrillera	Isaías Flores	40	684584	153577	DOUGLAS ESCOBEDO
4	11,2	Suchitepéquez	Río Bravo	Calle 5 Guatalón	Isaías Flores	36	683075	1590809	DOUGLAS ESCOBEDO
5	11,2	Suchitepéquez	Santa Bárbara	Labor Bella Luz	Adán González	33	687323	1594097	ENRIQUE AJZIP
6	11,2	Suchitepéquez	Santa Bárbara	San Antonio Las Flores	Mateo Bulux	12	684646	1595974	ENRIQUE AJZIP
7	11,2	Suchitepéquez	Río Bravo	Cantón Las Flores	Miguel Calvo	8	684168	1595298	ENRIQUE AJZIP
8	11,2	Suchitepéquez	Río Bravo	Cantón Las Flores	Victoriano Bulux	20	684606	1595984	ENRIQUE AJZIP
9	11,2	Suchitepéquez	Río Bravo	Cantón Las Flores	Horacio Pérez	7	684618	1595989	ENRIQUE AJZIP
TOTAL DE COLMENAS						167			

Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

A continuación se representa la ubicación de los apiarios aledaños al CTTA, en los cuales se realizó la introducción de reinas resultantes del proceso de reproducción y crianza a partir del material genético seleccionado localmente.

Figura 3: Mapa de localización de apiarios a un radio de 3 Km del CTTA- Programa MOSCAMED.



Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

A partir del cambio de reinas en cada uno de estos apiarios de forma natural al transcurrir dos meses se desarrolló un cambio poblacional de las colonias de abejas en cada apiario, estableciéndose de esta manera el banco de zánganos requerido como un componente básico para su uso posterior en el proceso de fecundación de reinas F1, por lo que un proceso fundamental fue brindar el mantenimiento óptimo de este grupo de apiarios para poder continuar con el proceso de mejoramiento genético.

La verificación de las condiciones y características del banco de zánganos establecidos fue realizada por el Dr. Raúl Rivera, experto en apicultura e investigador reconocido con larga trayectoria como parte del USDA-ARS-Honey Bee Research Lab, Weslaco, Texas 78596 USA y USDA-ARS Honey Bee Research Lab, Tucson Arizona USA. Quien dictamino lo siguiente:

- Existencia de colonias de abejas melíferas con zánganos adultos en el aire en un radio de al menos 3 kilómetros, superado el mínimo recomendado por Tiesler y Englert (1989) de una colonia con zánganos por cada 25 reinas a fecundar.

- Existencia y disponibilidad de polen y recursos de néctar favorables.
- Existencia de áreas protegidas para el adecuado resguardo del banco de zánganos.
- Ausencia de enfermedades y depredadores de abejas melíferas en el CTTA y en el área que comprendida por el banco de zánganos.
- Importancia de suministrar alimentación artificial a las colonias que comprenden el banco de zánganos para mantener su fortaleza, esto en función de las condiciones predominantes de campo.

5.1.2. Importación de abejas reina fecundadas de genética europea

Como actividad paralela al establecimiento del banco de zánganos, se realizó la introducción de abejas reinas al país, este proceso fue determinante para asegurar la realización de la investigación, requiriéndose del trabajo conjunto y persistente del Programa MOSCAMED, AGEXPORT, USDA, MAGA, entre otras instituciones, para establecer los requisitos técnicos oficiales para la importación de abejas reina procedentes de EUA hacia Guatemala.

Creándose el certificado oficial de sanidad del USDA para autorizar exportaciones de abejas reina hacia Guatemala www.aphis.usda.gov/aphis/ourfocus/animalhealth/export/international-standard-setting-activities-oie/regionalization/sa_by_country/sa_g/ct_animal_guatemala

La autorización del proceso de importación de reinas representó un largo proceso de gestión que fue posible gracias al apoyo de USDA-APHIS Guatemala y finalmente el 06 de noviembre de 2019 se logró concluir la introducción de abejas reina al país. Es importante resaltar que el proceso de importación estuvo asesorado y coordinado por el Dr. Raúl Rivera, experto en apicultura e investigador reconocido con larga trayectoria como parte del USDA-ARS-Honey Bee Research Lab, Weslaco, Texas 78596 USA y USDA-ARS Honey Bee Research Lab, Tucson Arizona USA.

Cabe destacar la importación de reinas de la raza cárnica, procedentes del programa de selección y crianza de abejas de Washington State University WSU con una alta trayectoria y reconocimiento internacional, dirigido por científicos e investigadores mundialmente reconocidos:

- Programa de Selección y Crianza de Abejas WSU. www.bees.wsu.edu/breeding-program
- La Dra. Susan Cobey. www.honeybeeinsemination.com/about-us.html
- El Dr. Walter Sheppard. www.entomology.wsu.edu/blog/2011/06/20/sheppard

Así mismo la asesoría de alto nivel desarrollada por el Dr. Rivera permitió diversificar la genética de las reinas importadas para la ejecución del proyecto, a través del apoyo de Texas Honey Farm que facilitó el acceso a abejas reinas híbridas mejoradas Italianas y reinas BeeWeaver; procedentes del programa de selección y crianza de BeeWeaver Honey Farm con más de 100 años de selección basada en genética Weaver Italian, Buckfast y abejas con alta tolerancia a los ácaros y alta resistencia a enfermedades.

- Sra. Tanya Phillips - Texas Honey Farm. Austin, Texas. www.texashoneybeefarm.com
- Danny Weaver - BeeWeaver Honey Farm. Navasota, Texas. www.beeweaver.com

El procedimiento de importación de reinas contó con la observancia y autorización del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación MAGA a través del Programa Nacional de Sanidad Apícola PROSAPI, así como también con la regencia del M. V. David Barrios, quien brindó acompañamiento previo, durante y posterior al proceso en Guatemala.

Al ingresar al país las abejas reina fueron trasladadas de inmediato del Aereopuerto Internacional La Aurora COMBEX-IM hacia el Centro de Transferencia de Tecnología Apícola CTTA del Programa MOSCAMED ubicado en el Km 124.5 carretera al Pacífico Rio Bravo Suchitepéquez; traslado que fue realizado con el apoyo de expertos que conforman el equipo técnico de dicho centro.

Figura 4: Importación de abejas reina. Instalaciones de COMBEX-IM Guatemala.



Fuente: Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

Es importante denotar que el traslado de estas abejas reina se desarrolló de manera directa hacia el Centro de Transferencia de Tecnología Apícola CTTA y al momento de su ingreso y recepción se aplicó el protocolo de verificación sanitaria a través de la inspección y análisis patológico de las abejas obreras que acompañaron a las abejas reina durante el trayecto hacia Guatemala.

Como resultado de la aplicación de este protocolo el Laboratorio de Patología Apícola de dicho centro dictaminó que las abejas importadas se encontraban libres de plagas y enfermedades. Una vez finalizado el proceso de análisis de laboratorio, las abejas obreras analizadas fueron incineradas.

Durante el mismo día en el que se realizó importación, las diferentes reinas fueron introducidas a núcleos de recepción que se tenían preparados en el apiario demostrativo del CTTA. Estos núcleos contaban principalmente con poblaciones de abejas recién nacidas para reducir al máximo las probabilidades de rechazo hacia la nueva reina introducida.

Figura 5: Recepción de abejas reina importadas en las instalaciones del CTTA, para su análisis en el laboratorio de patología apícola y su introducción a núcleos de recepción.



Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

Al haber transcurrido 10 días de la introducción de reinas importadas a los núcleos de recepción, se realizó la verificación de su aceptación con el apoyo y participación de expertos integrantes del equipo investigador Apidólogo. Jorge Ibarra Urrutia y Dr. Raúl Rivera, realizándose de manera simultánea el primer traslarve oficial para cada una de las abejas reina importadas; proceso que fue presenciado a su vez por representantes de la Cooperativa COPAISURO R.L, organización que formo parte del grupo cooperativas y asociaciones del sector apícola con las que se unieron esfuerzos para la ejecución del proyecto de investigación.

Figura 6: Verificación de la aceptación de abejas reina importadas, introducidas a núcleos de recepción en las instalaciones del CTTA.



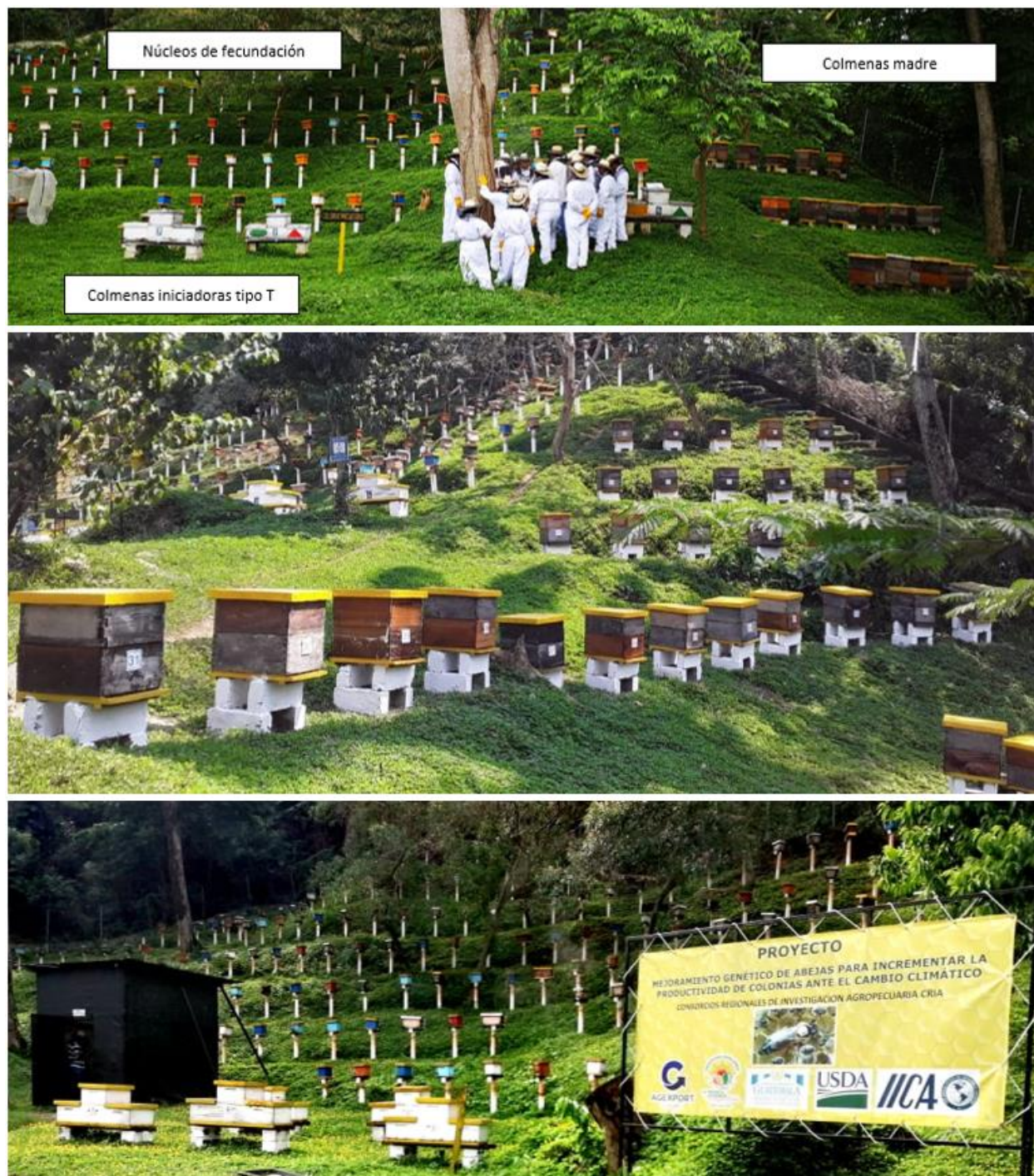
Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

5.1.3. Crianza y fecundación de abejas reina F1

Para iniciar con este proceso dada la necesidad de reproducir cuatro tipos de material genético de abejas de manera simultánea, fue necesario incrementar la capacidad instalada del apiario del CTTA considerando los componentes principales del proceso de reproducción y crianza de reinas:

- Colmenas iniciadoras Tipo T Invertida.
- Colmenas madre de apoyo al proceso de cría de reinas.
- Núcleos de fecundación de abejas reina.

Figura 7: Incremento de capacidad instalada en apiario del CTTA para crianza de reinas F1.



Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

Figura 8: Incremento de capacidad instalada en apiario del CTTA para crianza de reinas F1.



Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.



El método utilizado para la reproducción y crianza de abejas reina F1 se denomina Doolittle, este permite la crianza programada de un gran número de reinas con un óptimo desarrollo, utilizándose barras de madera con copa celdas artificiales, colocando en cada copa celda una larva para iniciar su desarrollo.

Las copas celdas se construyen artificialmente con cera de abejas por medio de un molde que se introduce en cera líquida a temperaturas promedio de 70º C. El molde permitió construir estas copas celdas de 8 mm de diámetro y 11 milímetros de largo, sumergiéndose en cera líquida y después en agua a temperatura ambiente para favorecer la solidificación de cada capa de cera, esta operación se repite hasta obtener 03 capas de cera. Posteriormente cada una de las copas celdas se separó manualmente del molde con una torsión suave.

Las copas celdas fueron pegadas a las barras de madera a través una fina capa de cera líquida de 2 mm aproximadamente, aplicándose también una gota de cera caliente a la base de cada copa celda para adherirlas a cada barra de madera con un distanciamiento entre copa celdas de 10 mm aproximadamente, para facilitar su manipulación. De esta manera, se colocaron 18 copa celdas por barra de forma estandarizada.

Posteriormente se realizó el traslado de larvas hacia las copas celdas, actividad que inició con la colocación de una gota de jalea real diluida con agua destilada para evitar la deshidratación de las larvas, en este proceso fue muy importante la disponibilidad de panales con larvas recién nacidas que contaran con 15 a 18 horas de edad, así mismo la utilización de panales oscuros que facilitó la visualización de las larvas de abejas.

Las barras con copa celdas fueron transferidas a marcos que poseen una maya excluidora para su resguardo, estos marcos permanecieron en las colonias iniciadoras hasta dos días, posteriormente se trasladaron a otras colonias para continuar con el proceso de crianza hasta ser operculadas dentro del marco protector, estas colonias (colmenas) llamadas continuadoras se encontraban formadas por dos cuerpos separados por una rejilla excluidora para restringir a la abeja reina a la sección o cuerpo inferior de la colmena. Posteriormente las copa celdas se introdujeron a colonias incubadoras.

Este proceso estuvo relacionado con un estimado de 12 días transcurridos para el nacimiento de las reinas F1, de los cuales tres días fueron en estado de huevo, 01 día como larva y 10 días para su extracción y traslado a núcleos o colmenas madres. Para finalizar este proceso se introdujeron las celdas reales de forma individual en un marco llamado "Aislador de celdas reales" que permitió su nacimiento en horas posteriores, cabe resaltar que este fue un proceso sincronizado para que las reinas pudieran nacer simultáneamente. Para el proceso de reproducción y crianza de reinas F1 fue suministrado un estimado de 70 quintales de azúcar morena y 36 quintales de bienestarina.

Figura 9: Registros, reproducción y crianza de abejas reina F1 por raza o línea, apiario CTTA para traslado a apiarios experimentales.



Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

Figura 10: Reproducción y crianza de abejas reina F1, apiario CTTA.



Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

5.1.4. Transporte e introducción de abejas reina F1 a apiarios experimentales

Una vez concluido el proceso de crianza de abejas reina F1 y su fecundación, estas fueron colocadas en jaulas de plástico y a su vez fueron colocadas en grupos de 10 para ser destinadas hacia cada uno de los apiarios experimentales, el objetivo fue realizar su traslado e introducción a las colmenas correspondientes, bajo condiciones controladas y uniformes. Las jaulas y porta jaulas, utilizadas fueron recomendadas técnicamente por el CTTA para favorecer un proceso óptimo.

El traslado de reinas F1 fue realizado por técnicos apícolas de dicho centro, con amplia experiencia en estos procesos, así mismo la introducción se realizó en coordinación con técnicos apícolas encargados de cada apiario experimental, quienes 03 días antes de la fecha de introducción de las nuevas reinas, realizaron el proceso de eliminación de las reinas existentes en cada colmena del apiario experimental. Esto como procedimiento determinante para asegurar un alto porcentaje de aceptación de la nueva reina introducida a cada colmena.

Figura 11: Abejas reina F1 en jaulas y porta jaulas, para su traslado e introducción en colmenas de apiarios experimentales.



Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

La verificación de la condición de colmenas huérfanas o sin reina, para garantizar en mayor porcentaje la aceptación de las reinas F1, se realizó a través de la identificación de celdas reales producidas naturalmente por las abejas ante la ausencia de abeja reina en cada colonia. Celdas reales que fueron también eliminadas al introducir las nuevas reinas fecundadas F1.

Figura 12: *Proceso de traslado e introducción de abejas reinas F1 fecundadas, en colmenas receptoras ubicadas en apiarios experimentales*



Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

El proceso de introducción de reinas F1, involucró al mismo tiempo la toma de muestras de abejas adultas para su análisis de laboratorio, que permitió iniciar el proceso de monitoreo de plagas y enfermedades apícolas, estas muestras fueron trasladadas al laboratorio de patología apícola del CTTA. Dentro de las enfermedades y plagas monitoreadas cabe resaltar:

- *Varroa destructor*
- Moscas parasitarias de las abejas del Genero *Melaltoncha*
- Nosemosis *Nosema apis*
- Amebiasis *Malpighamoeba mellificae prell.*
- Pequeño escarabajo de las colmenas *Aethina tumida*

Figura 13: Toma de muestras de abejas para iniciar el monitoreo de plagas y enfermedades apícolas al momento de realizar la introducción de reinas F1.



Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

Como procedimiento final para concluir la introducción de reinas F1 a cada una de las colmenas que conformaron los apiarios experimentales del proyecto, se siguieron las rectrices técnicas del CTTA de manera que los técnicos apícolas encargados de cada apiario experimental, desarrollaron el proceso de liberación de las reinas F1 de manera gradual durante los 03 y 05 días posteriores a su introducción.

Figura 14: Liberación gradual de abejas reina F1 introducidas a apiarios experimentales.



Fuente: Comité Apícola de AGEXPORT.

5.2. Establecimiento de Apiarios Experimentales

5.2.1. Características de establecimiento y manejo del experimento

El proceso de habilitación de apiarios experimentales inició con la definición de especificaciones técnicas para asegurar las garantías de uniformidad y estandarización del manejo apícola de todos los apiarios experimentales, especificaciones establecidas en conjunto por el Centro de Transferencia de Tecnología Apícola CTTA del Programa MOSCAMED, el Equipo Investigador y Comité Apícola de AGEXPORT. En este sentido es importante recapitular las especificaciones técnicas establecidas:

- Distanciamientos de 2 metros entre colmenas y 3 metros de calle.
- Apiarios con 05 filas de 10 colmenas, para un total de 50 colmenas.
- Colmenas orientadas con dirección a la salida del sol.
- Colmenas con 1 pulgada de inclinación, quedando la piquera en el nivel más bajo.
- Apiarios no totalmente expuestos al sol, con sombra de 25 a 30%.
- Nivelación de cría, todas las colmenas deberán tener la misma cantidad de marcos con cría, preferiblemente de 5 a 6 marcos de cría por colmena.
- Todas las colmenas con 9 marcos construidos en la cámara de cría.
- Todas las colmenas con 8 marcos con lámina de cera estampada en el alza.
- Colocación de alzas adicionales a colmenas que lo requieran durante la investigación.
- Apiarios libres de fuentes de contaminación, como desechos sólidos y líquidos, explotaciones pecuarias y agricultura intensiva con uso de agroquímicos sintéticos.
- Apiarios no expuestos a vientos extremos y con adecuado control de malezas.
- Apiarios con un adecuado resguardo y seguridad.

Sobre la referencia anterior se realizaron múltiples visitas de asistencia técnica en apoyo y dirección del proceso de habilitación de apiarios experimentales, con la participación conjunta del CTTA del Programa MOSCAMED, el Comité Apícola de AGEXPORT y persona Técnico encargado de cada apiario experimental.

La asistencia técnica realizada permitió estandarizar el proceso de introducción de reinas F1 prole de las reinas importadas, en el cual para colmenas con poblaciones muy fuertes se requirió de la utilización de núcleos para apoyar la aceptación gradual de la nueva reina F1 de la colmena.

El mantenimiento de apiarios se desarrolló de manera estandarizada basado en el manejo estacional de colmenas, el muestreo periódico de abejas para el monitoreo de plagas y enfermedades, así mismo cabe destacar el mantenimiento externo de cada uno de los apiarios como el control de malezas y el control de sombra.

5.2.2. Localidad y época

El establecimiento de apiarios experimentales e introducción de tratamientos se desarrolló en su mayoría durante el mes de diciembre 2019 y la introducción de tratamientos concluyó el 9 de enero 2020. Posteriormente se continuó con un período de 45 días para el desarrollo de poblaciones adultas F2 progeñe de las abejas F1 introducidas para cada tratamiento. De esta manera la toma de datos experimentales se desarrolló del 25 de febrero al 09 de junio 2020.

- Apiario Experimental No. 1: Georreferencia: 0598897-1626611
COPIASURO R.L. Finca Buena Fe. Pajapita, San Marcos.
- Apiario Experimental No. 2: Georreferencia: 0634801-1629045
FECCEG. Comunidad Agraria Santa Anita. Colomba Costa Cuca, Quetzaltenango.
- Apiario Experimental No. 3: Georreferencia: 0682833-1620614
APICOLA ATITLAN R.L. Finca Pamaqasul. San Pedro La Laguna, Sololá.
- Apiario Experimental No. 4: Georreferencia: 0673944-1589391
Asociación de Reservas Naturales Privadas de Guatemala ARNPG. Reserva Natural Espíritu Santo. Aldea Nahualate, Chicacao, Suchitepéquez.

5.3. Diseño experimental y tratamientos de la investigación

Una vez verificado el cumplimiento de las especificaciones anteriores para las 50 colmenas (unidades experimentales) para cada apiario experimental, se desarrolló el proceso de aleatorización para la distribución de los tratamientos a través del diseño experimental bloques al azar, los tratamientos definidos de la siguiente manera.

Cuadro 4: *Tratamientos de la investigación, codificación e identificación por color.*

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN	COLOR DE MARCAJE DE REINAS
A	Cárnica Estrella	Amarillo
B	Cárnica	Celeste
C	Italiana x Caucásica	Blanco
D	Italiana x Cárnica	Verde
E	Testigo (Genética local)	Rojo

Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

Cada apiario experimental estuvo conformado por 50 colmenas, cada colmena representó una unidad experimental, en la que se estableció un tratamiento específico de manera aleatoria según el diseño experimental bloques al azar.

Figura 15: Aleatorización de tratamientos, diseño experimental Bloques Al Azar.

Aleatorización Bloques Al Azar - Apiario No. 1

A	D	C	E	B
A	D	E	B	C
E	C	A	B	D
B	D	E	C	A
B	C	A	E	D

D	B	E	A	C
C	A	B	D	E
B	E	D	A	C
B	C	E	D	A
D	B	C	A	E

Aleatorización Bloques Al Azar - Apiario No. 2

B	D	A	C	E
D	E	B	C	A
A	E	B	C	D
E	B	D	A	C
D	B	E	A	C

B	C	D	E	A
A	B	C	D	E
D	A	B	E	C
D	E	B	A	C
E	C	A	D	B

Aleatorización Bloques Al Azar - Apiario No. 3

A	B	C	D	E
E	D	B	C	A
D	B	E	C	A
E	C	A	D	B
C	A	B	E	D

A	D	C	E	B
C	A	E	B	D
B	C	E	D	A
B	D	A	C	E
B	A	C	E	D

Aleatorización Bloques Al Azar - Apiario No. 4

E	C	A	D	B
E	B	A	D	C
B	A	E	C	D
A	C	E	B	D
B	D	A	E	C

A	C	D	E	B
B	C	E	A	D
D	B	C	E	A
C	D	E	B	A
C	A	B	D	E

Fuente: Equipo investigador.

En todos los apiarios experimentales cada colmena o unidad experimental fue enumerada e identificada según la letra y el color correspondiente al tratamiento que le fue asignado de conformidad con el diseño experimental del proyecto. En las siguientes fotografías se realiza la ilustración de las codificaciones C3, E4, D4, D7, B41, D32, C42.

Figura 16: Numeración e identificación de colmenas como unidades experimentales.



Fuente: Comité Apícola de AGEXPORT.

Para permitir la trazabilidad de los tratamientos evaluados, durante el proceso de crianza de reinas fecundadas F1, estas fueron marcadas con diferente color según el tratamiento al que pertenecían en base a su genética, en las fotografías a continuación se ejemplifica el marcaje de reinas, tratamiento A (Color amarillo), tratamiento B (Color azul) y tratamiento C (Color verde).

Figura 17: Marcaje de abejas reinas por tratamiento en base a su genética.



Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

5.4. Unidad experimental

Cada unidad experimental consistió en una colmena con población de abejas adultas F2 progenie de la reina F1 introducida. La asignación del tratamiento o del tipo de reina para cada unidad experimental se realizó de manera aleatoria para la conformación de bloques al azar. Para el caso del tratamiento testigo en cada apiario experimental, la unidad experimental consistió en una colmena con población de abejas adultas, progenie de las abejas reina existentes en cada localidad. El proyecto de investigación se desarrolló con un total de 200 unidades experimentales, que permitieron la generación de datos experimentales a través de cuatro apiarios demostrativos de 50 colmenas cada uno, ubicados en San Marcos, Quetzaltenango, Sololá y Suchitepéquez.

5.5. Variables respuesta

Las variables respuesta de la investigación estuvieron relacionadas a la capacidad productiva de las abejas ante condiciones adversas de clima y la facilidad de manejo a través de la determinación del porcentaje de defensividad que también es sinónimo del nivel de agresividad de las abejas. Utilizándose métodos específicos y estandarizados para la obtención de datos experimentales.

La capacidad productiva de los tratamientos fue evaluada a través del método de pesaje de colmenas, basado en el diferencial de peso de las colmenas comparando el inicio de la época de cosecha y el final de cada cosecha o castra de miel. El pesaje de colmenas se desarrolló semanalmente, registrando el peso en libras de cada unidad experimental.

Figura 18: Aplicación del *método de pesaje de colmenas*.



Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

El porcentaje de agresividad para cada uno de los tratamientos, fue obtenido a través de la prueba de Stort o método de la pelota de felpa (Stort, 1975). Esta prueba se realizó con un tiempo de 10 segundos para evaluar la reacción de las abejas hacia la pelota de felpa, cada prueba se hizo con una pelota nueva. Inmediatamente al realizar la prueba se colocó la pelota con agujones dentro de una bolsa Ziploc que a su vez se identificó con el número de colmena y su tratamiento.

Figura 19: Aplicación del *método de la prueba de Stort o de la pelota de felpa*.



Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

Para realizar el registro de información de la prueba de Stort o de la pelota de felpa, se utilizaron salas móviles de extracción de miel, para el resguardo del personal técnico tanto del CTTA del Programa MOSCAMED como del personal técnico encargado de apiarios experimentales. De esta manera, en el interior de estas salas móviles se realizó el conteo de agujones de abejas pegados a cada pelota de felpa, así como también aquellos agujones contenidos en la bolsa que resguardó cada pelota hasta el momento del conteo, de esta manera se registró para cada unidad experimental el número de agujones contabilizados.

Es importante mencionar que previo a la aplicación tanto del método de pesaje de colmenas como del método de la prueba de Stort, fue necesario realizar diferentes simulacros en el CTTA del Programa MOSCAMED y diferentes sesiones de entrenamiento al personal técnico para que la toma de datos experimentales se realizara de manera uniforme y estandarizada.

Figura 20: Participación del equipo investigador en simulacros para la aplicación del método de pesaje de colmenas y de la prueba de Stort.



Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

Es importante mencionar que como complemento a los datos experimentales de peso de colmenas y del nivel de defensividad de las abejas, el desarrollo del proyecto de investigación permitió capturar información de extracciones de miel de abejas que se realizaron por tratamiento en apiarios experimentales en los que fue necesario realizar esta labor debido al nivel de producción existente, a este producto se le realizaron mediciones también del contenido de humedad, esto como información cualitativa para enriquecer el proceso de evaluación.

Como variables complementarias de la investigación, para cada tratamiento se realizó el monitoreo de la incidencia de plagas y enfermedades de las abejas, principalmente: Varroa destructor, Moscas parasitarias de las abejas del Género *Melaloncha*, Nosemosis *Nosema apis* y Amebiasis *Malpighamoeba mellificae prell*. Así mismo, se realizó el monitoreo de variables de clima través de dos estaciones meteorológicas portátiles utilizadas en los apiarios experimentales de Suchitepéquez y Quetzaltenango. Tales como: Humedad (%), Temperatura (°C), Viento (km/hr) y Precipitación Pluvial (mm).

5.6. Modelo estadístico y análisis de la información

Con la dirección del equipo investigador integrado por expertos que colaboraron con el proyecto de investigación se diseñó una base de datos que permitió registrar los datos experimentales y realizar una revisión de la digitación de estos, así como también hacer una revisión sobre la calidad de los datos obtenidos para cada una de las variables estudiadas, esta base de datos integro la información de las 200 colmenas o unidades experimentales que permitieron confirmar 4 apiarios experimentales de 50 colmenas cada uno. La secuencia de la información se realizó colocando el tipo de reina o tratamiento, el número de colmena, datos de incidencia de nosemas, incidencia de amebiasis, secuencia de peso semanal, peso de colmenas precosecha de miel, peso de colmenas post cosecha de miel prueba de Stort.

Se definieron los modelos estadísticos a aplicar, realizándose también la validación de condiciones requeridas por los modelos seleccionados. El software seleccionado para la aplicación del modelo de análisis estadístico de los datos fue INFOTAT, debido a que el tratamiento testigo no fue el mismo en los cuatro apiarios, (reinas F2 progenie de reinas existentes en cada localidad), para determinar la probabilidad de encontrar diferencia significativa en el efecto de los tratamientos en cada una de las variables estudiadas, a los datos de cada apiario se aplicó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = el valor de la variable de respuesta en el i – ésimo tipo de reina en la j – ésima colmena de cada apiario

μ = promedio general de la variable estudiada en las 50 colmenas de cada apiario

τ_i = efecto del i ésimo tipo de reina

ε_{ij} = variación no controlada entre colmenas de cada apiario

Finalmente en los casos en los que se encontraron diferencias significativas entre los tipos de reina (tratamientos) se procedió a aplicar la prueba de Scott y Knott para la comparación de los pares de tratamientos.

6. RESULTADOS

Con relación a los resultados obtenidos a través de la fase experimental del proyecto es importante resaltar que la época de ejecución del proyecto de investigación estuvo determinada por la importación de reinas de genética europea, que consistió en un proceso largo y complejo para contar con las autorizaciones correspondientes tanto por parte de Guatemala como del país de procedencia EUA. Luego de varios meses de esfuerzos coordinados por diferentes entidades que apoyan al sector apícola, la importación de reinas se llevó a cabo el día 06 de noviembre 2019, siendo este proceso el primer resultado del proyecto a beneficio del sector apícola nacional, al crearse los mecanismos oficiales para la importación de abejas de EUA hacia Guatemala.

Como se ha citado en la metodología la fase experimental se desarrolló a través de apiarios en San Marcos, Quetzaltenango, Sololá y Suchitepéquez, de los cuales se tomaron datos experimentales una vez que la colmenas contaban con poblaciones adultas F2 progenie de abejas reina F1 correspondientes a cada uno de los tratamientos, condición que se cumplió a partir del 25 de febrero del año en curso y por lo tanto esto permitió que el proyecto de investigación se enfocara en evaluar la última casta o cosecha de miel de la temporada 2019-2020.

En este sentido es importante denotar que durante los últimos años el cambio climático ha tenido un impacto en la época de floración de las principales especies de plantas melíferas y con esto las épocas de producción de miel de abejas en las diferentes zonas apícolas se han desarrollado en períodos más cortos, lo que se atribuye principalmente a la presencia de lluvias tempranas que estimulan a las plantas a suspender la floración, para iniciar ciclos de crecimiento vegetativo ante el inicio aparente de la temporada lluviosa. Este cambio fisiológico en las plantas ocurría tradicionalmente en los meses de abril a mayo, sin embargo en los últimos años se ha observado que este proceso se manifiesta de febrero a marzo.

Cuadro 5: *Apiarios experimentales, principales meses producción de miel y tipos de floración.*

No.	Organización	Localidad	Inicio	Fin	Floración principal
1	COPIASURO R.L.	Pajapita, San Marcos	Enero	Marzo	Bosques, montañas, caucho <i>Hevea brasiliensis</i> .
2	FECCEG	Colomba, Quetzaltenango	Enero	Febrero	Montañas, bosques, sistemas agroforestales de café.
3	ATITLAN R.L.	San Pedro La Laguna, Sololá	Enero	Febrero	Bosques, montañas, sistemas agroforestales de café.
4	ARNPG	Chicacao, Suchitepéquez	Febrero	Marzo	Reserva natural con bosques y montañas, caucho <i>Hevea brasiliensis</i>

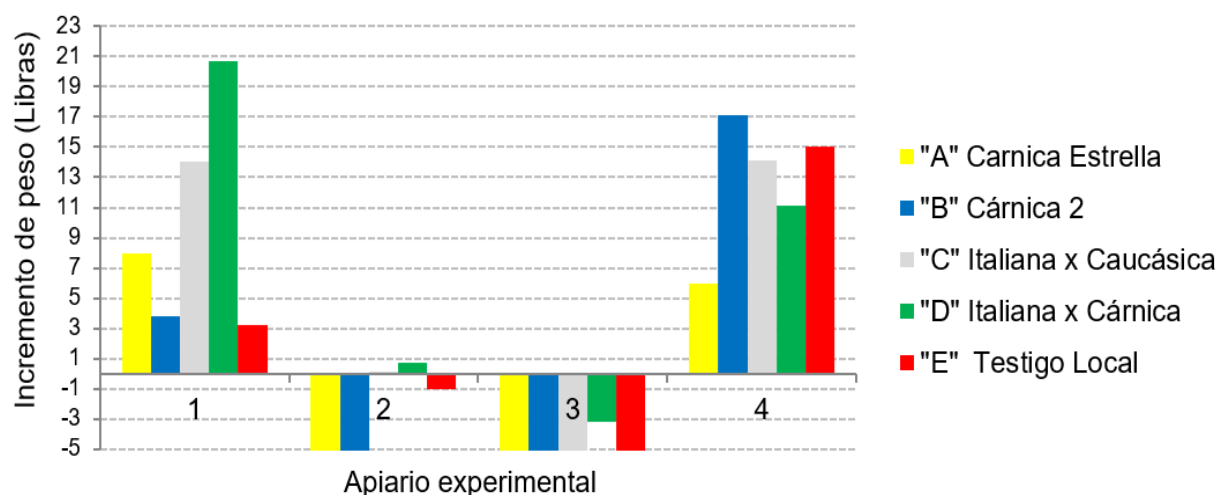
Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

La información anterior permite contextualizar los resultados de la investigación que se presentan a continuación a través de diferentes gráficas que permiten ilustrar el análisis estadístico realizado para cada variable que se incluye en detalle en el Anexo 2 del presente documento. Que se complementa con información resultante del monitoreo de condiciones climáticas.

6.1. Incremento acumulado del peso por colmena

Parámetro indirecto para determinar la capacidad productiva de las abejas, de esta manera el incremento en las colmenas representa la acumulación de reservas de alimento (néctar y polen) que las abejas almacenan y convierten en miel de manera natural. Como se ha mencionado con anterioridad esta variable fue medida a partir de la última semana de febrero 2020, es decir durante la última castra o cosecha de miel de la temporada 2019-2020. En los apiarios 1 (Pajapita, San Marcos) y 4 (Chicacao, Suchitepéquez) todos los tratamientos tuvieron un incremento de peso en contraste con lo observado en los apiarios 2 (Colomba, Quetzaltenango) y 3 (San Pedro La Laguna, Sololá) en los que se observó una pérdida de peso para la mayoría de los tratamientos, lo que se pudo relacionar con la finalización del flujo de néctar y polen en ambas localidades (Ver anexo 2, Cuadros 6 y 7).

Figura 21: Incremento acumulado del peso por colmena por apiario y tipo de abeja reina (Marzo 2020).



Fuente: Equipo Investigador.

En el apiario 1 (Pajapita San Marcos) los tratamientos D (Italiana x Caucásica) y C (Italiana x Cárnica) mostraron un comportamiento estadísticamente superior con relación al resto de tratamientos, acumulando más peso por colmena, logrando almacenar mayores cantidades de néctar y polen durante el mes de marzo, siendo este el último mes de la época actual de producción de miel en la zona.

Para el caso de los tratamientos A (Cárnica estrella), B (Cárnica 2) y E (Local) no se encontraron diferencias significativas sin embargo el tratamiento A (Cárnica estrella) acumuló mayor peso por colmena proporcionalmente, es importante hacer mención que las principales fuentes de néctar y polen para este apiario fueron plantaciones forestales, caucho *Hevea brasiliensis*, sistemas silvopastoriles y bosques; Con una exposición moderada a monocultivos. Es importante notar que el tratamiento A (Cárnica Estrella) a pesar de no presentar una significancia estadística, fue el tercer tratamiento con mayor proporción de incremento de peso por colmena.

En el apiario 2 (Colomba Quetzaltenango) los tratamientos C (Italiana x Cárnica), D (Italiana x Caucásica) y E (Testigo) mostraron un comportamiento estadísticamente superior. El tratamiento C (Italiana x Cárnica) mantuvo el peso por colmena, mientras que el tratamiento D (Italiana x Caucásica) incrementó el peso por colmena pese a que para el mes de marzo en este apiario se registraron 13 días con presencia de lluvias de la siguiente manera: 8 días de lluvia ligera y 5 días de lluvia moderada (Ver anexo 2, cuadro 17).

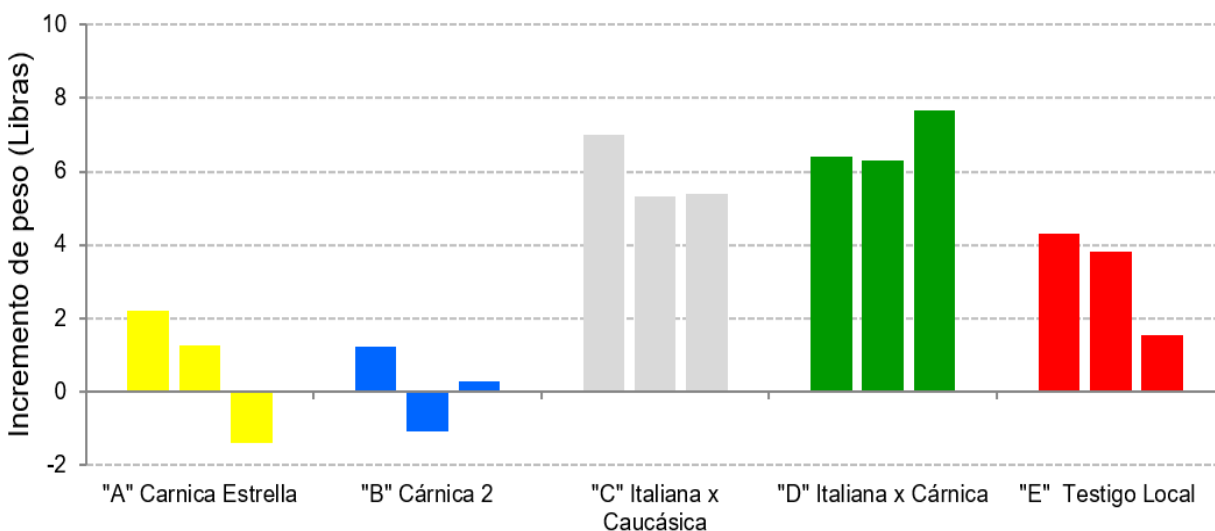
Es importante para este apiario destacar que el tratamiento E (Testigo) presentó una pérdida de peso por colmena estadísticamente en menor proporción respecto a la pérdida de peso que presentaron los tratamientos A (Cárnica estrella) y B (Cárnica). Pérdida de peso que se atribuye la presencia de lluvias registradas que como se han mencionado detienen el proceso fisiológico de floración de las plantas y por ende determinan el final del flujo de néctar y polen para la producción de miel, dando lugar a un período de transición crítico en el cual las colonias de abejas tienden a consumir las reservas alimenticias que han acumulado de forma natural.

En el apiario 3 (San Pedro La Laguna, Sololá) todos los tratamientos presentaron una pérdida de peso por colmena, lo que se atribuye a una fuerte limitación del flujo de néctar en las floraciones de la zona alta la cuenca de Lago de Atitlán (1,800 msnm), que fue más drástica en particular durante el mes de marzo. En este sentido existen diferentes causas que pueden estar relacionadas a este efecto generalizado, por ejemplo la presencia de vientos fuertes que favorecen la pérdida de humedad de las flores, poca humedad disponible para un mayor flujo de néctar por relacionarse esta ubicación con suelos jóvenes y poco profundos de origen volcánico, así mismo otro factor que puede estar relacionado es la alta densidad o saturación de apiarios en el área. Condiciones adversas en las que el tratamiento D (Italiana x Caucásica) perdió peso en menores proporciones, sin embargo cabe resaltar que no se identificaron diferencias significativas entre los tratamientos.

En el apiario 4 (Chicacao, Suchitepéquez) todos los tratamientos incrementaron el peso por colmena, no se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, no obstante el tratamiento B (Cárnica) y el tratamiento E (Testigo) fueron los tratamientos que proporcionalmente acumularon más peso por colmena. La ubicación de este apiario experimental dentro de la reserva natural Espíritu Santo, permitió que la evaluación de los tratamientos se desarrollara bajo condiciones excepcionales de alto flujo de néctar para la producción de miel, como lo son bosques y montañas de dicha reserva, como también ríos, quebradas y suelos profundos como fuentes de humedad para el proceso de floración. La cercanía a plantaciones de caucho *Hevea brasiliensis*, así como también una baja incidencia de lluvias, registrándose para marzo únicamente 4 días de lluvias leves (Ver anexo 2, cuadro 16).

Al hacer una apreciación general del efecto de los tratamientos en los diferentes apiarios experimentales es posible resumir que tanto en condiciones climáticas favorables para la producción de miel, como en condiciones adversas, las colmenas con reinas del tratamiento D (Italiana x Caucásica) y las colmenas con reinas del tratamiento C (Italiana x Cárnica) mostraron un comportamiento superior en cuanto al incremento de peso acumulado por colmena, que no solamente se relaciona con una mayor capacidad de pecoreo (ingreso de néctar y polen a la colmena realizado por las abejas), sino también con una menor tendencia al consumo de reservas alimenticia y almacenadas dentro de las colmenas.

Figura 22: Incremento acumulado del peso por colmena según el tipo de abeja reina (marzo 2020).



Fuente: Equipo Investigador.

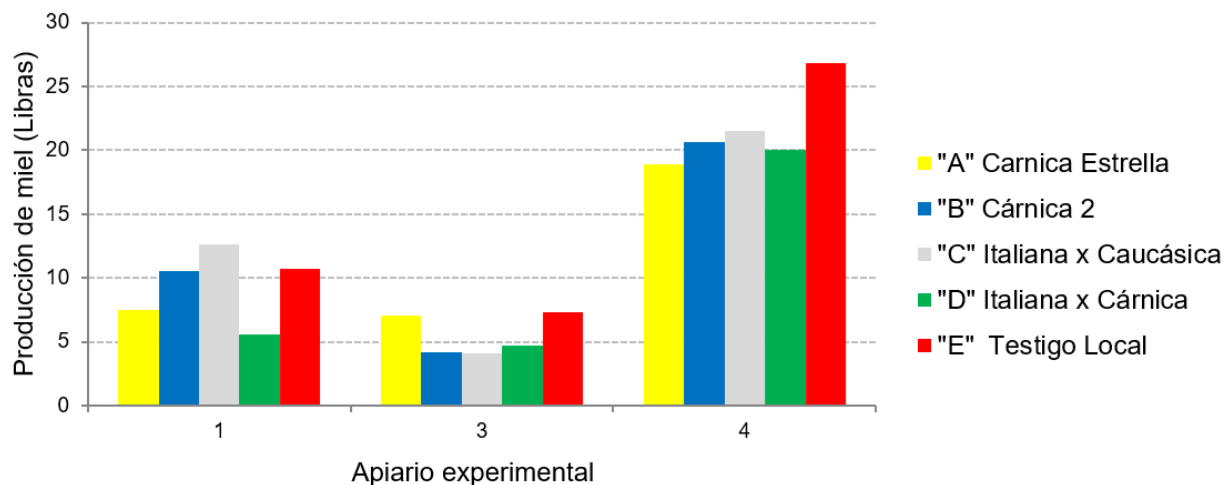
En la gráfica anterior es posible observar que en general para todos los apiarios las abejas F2 progenie de las abejas reina F1 introducidas para el tratamiento C (Italiana x Cárnica) generaron un impacto en las colmenas con tendencia a mantener el peso acumulado, mientras que para el tratamiento D (Italiana x Caucásica) el impacto de la introducción de reinas F1 generó que las poblaciones de abejas F2 generaran una tendencia a mantener e incrementar el peso acumulado por colmena. En este sentido es importante indicar que el tratamiento T (Testigo) se relacionó con una tercera posición en proporción del peso acumulado por colmena, sin embargo presentó una tenencia a la pérdida de peso.

Para el caso de los tratamientos A (Cárnica estrella) y B (Cárnica) el impacto de la introducción de reinas F1 en la capacidad de pecoreo y de conservación de reservas alimenticias de su progenie (poblaciones de abejas F2) se vio limitado especialmente en los apiarios ubicados a mayor altura y por consiguiente a climas más fríos, como el apiario 2 (Colomba, Quetzaltenango) y el apiario 3 (San Pedro La Laguna, Sololá).

6.2. Producción promedio de miel por colmena

Esta sección se incluye información sobre los resultados de producción promedio por colmena obtenidos de manera indirecta a través de la diferencia entre el peso de cada colmena previo a la atracción de panales con miel y el peso de cada colmena posterior a la extracción de panales con miel, según lo establece el método de pesaje de colmenas. Es importante indicar que los datos obtenidos corresponden a la tercera y última casta de miel de la temporada 2019/20 y son un reflejo de la capacidad productiva de las abejas adultas F2 progenie de las reinas F1 que fueron introducidas para cada uno de los tratamientos, en los diferentes apiarios experimentales. En el caso del tratamiento E (Testigo) las colmenas continuaron con las reinas locales que ya encontraban en estos apiarios (Ver anexo 2, cuadro 8).

Figura 23: Promedio de producción de miel por colmena por tipo de abeja reina y apiario experimental.



Fuente: Equipo investigador.

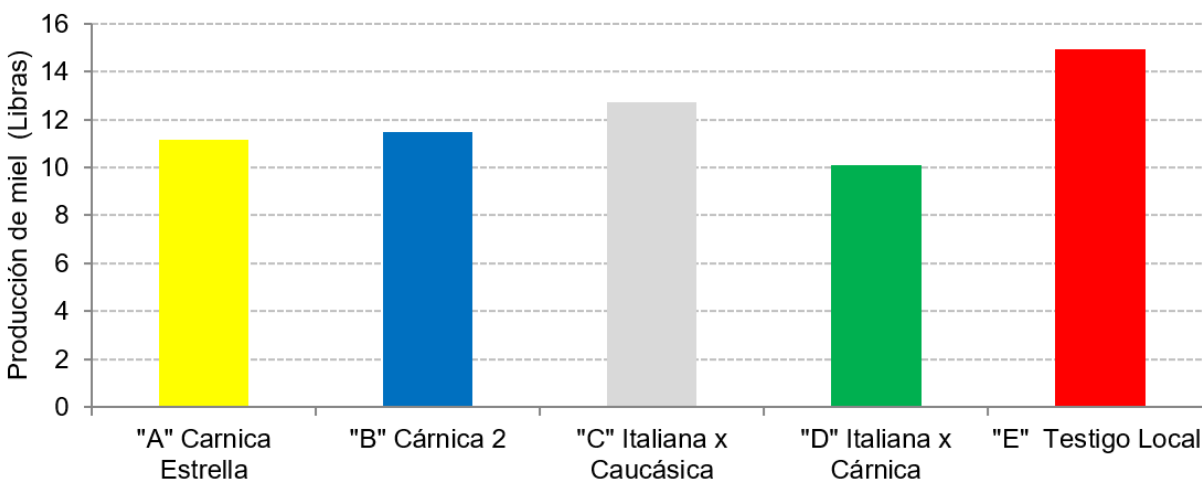
Es importante mencionar que en el apiario experimental 2 (Colomba, Quetzaltenango) las condiciones climáticas, principalmente de lluvias tempranas que se registraron durante 13 días del mes de marzo no permitieron que se obtuviera una tercera castra de miel para finalizar la temporada 2019/20.

En la gráfica anterior se muestra comportamiento de producción promedio de miel por colmena en los diferentes apiarios experimentales. Para el caso del apiario 4 (Chicacao, Suchitepéquez) todos los tratamientos produjeron mayor cantidad de miel por colmena, ya que como se ha mencionado con anterioridad este apiario al ubicarse dentro de la reserva natural Espíritu Santo permitió que la evaluación se desarrollara bajo condiciones excepcionales de alto flujo de néctar y polen para la producción de miel, siendo las principales fuentes bosques y montañas de dicha reserva, así como ríos, quebradas y suelos profundos como fuentes de humedad para los procesos de floración. La cercanía a plantaciones de caucho *Hevea brasiliensis* y la baja incidencia de lluvias durante el período de evaluación.

El nivel de producción promedio por colmena fue menor en los apiarios 1 (Pajapita, San Marcos) y 3 (San Pero La Laguna, Sololá), lo que se atribuye principalmente a la estacionalidad de producción en estas zonas y a las condiciones edafoclimáticas que a su vez determinaron el flujo de néctar y polen disponible.

Al hacer una apreciación general de la producción promedio por colmena estimada de manera indirecta a través del método de pesaje de colmenas, estadísticamente los tratamientos presentaron un comportamiento similar. Es decir, que para el periodo de evaluación no se identificaron diferencias significativas al comparar entre sí la capacidad de producción de las colonias de abejas F2 progeñe de las reinas F1 introducidas para cada tratamiento.

Figura 24: Promedio de producción de miel por colmena, según el tipo abeja reina.



Fuente: Equipo investigador.

Lo anterior es relevante al considerar que pese a la intensidad de manejo necesaria para establecer los diferentes apiarios experimentales (apiarios 1, 3 y 4) durante los meses de diciembre 2019 y primeros días de enero 2020, la capacidad productiva de las colonias de abejas adultas F2 de los tratamientos A, B, C y D fue estadísticamente igual a la capacidad productiva de las colonias de abejas adultas del tratamiento E (Testigo). Lo que permite denotar la alta capacidad de adaptación de las diferentes líneas de abejas reina F1 introducidas, en particular de los tratamientos C (Italiana x Cárnica) y B (Cárina) para climas cálidos.

6.3. Prueba de Stort

Esta prueba también denominada prueba de la pelota de felpa se utilizó para estimar el grado de defensividad (agresividad) de las colonias de abejas F2 progeñe de las reinas introducidas para cada tratamiento de la investigación, como variable de interés comercial para la apicultura, debido a que se relaciona con el nivel de dificultad del manejo de apiarios y con el aprovechamiento de áreas con potencial botánico melífero que muchas veces se ven limitadas por comunidades o viviendas cercanas, que puedan ser afectadas por un ataque eventual de las abejas hacia las personas.

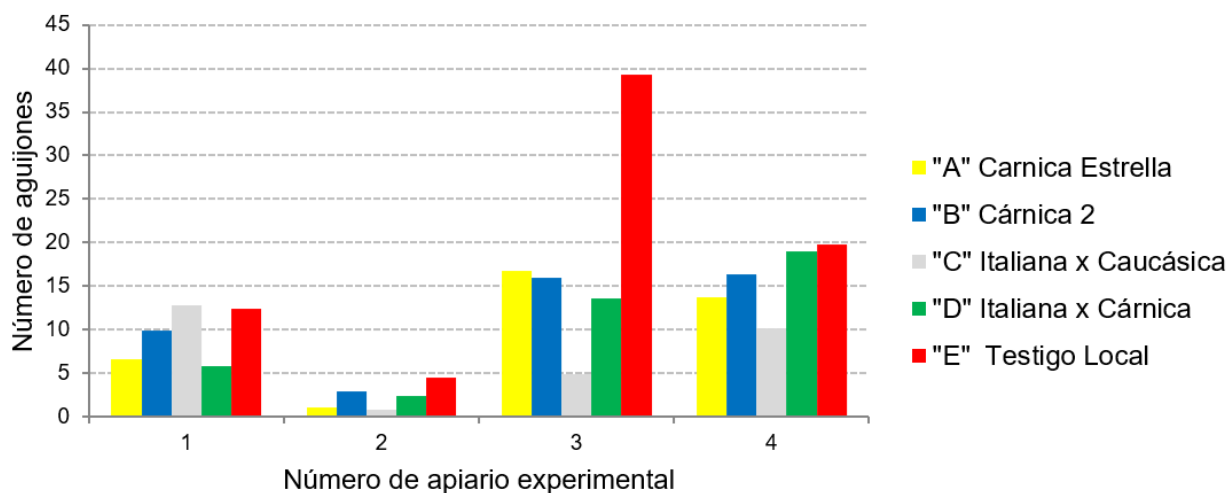
El grado de defensividad (agresividad) de las abejas está relacionado también con el nivel de dificultad de manejo de colonias de abejas para la polinización en sistemas agrícolas que se implementan en la actualidad para incrementar los rendimientos por unidad de área y la uniformidad de la calidad de frutos, tal es el caso de cultivos como café, aguacate, mango, entre otros. Siendo las abejas los agentes polinizadores con mayor oportunidad al alcance del ser humano, para ser dosificados técnicamente a través de labores culturales para optimizar el proceso de polinización.

Es importante denotar que el comportamiento reactivo de las abejas es percibido por el hombre como un comportamiento de agresividad que pone en riesgo su salud e integridad, sin embargo al hacer una retrospectiva en el orden natural de las cosas las abejas reaccionan en defensividad de su colonia ante la presencia de cualquier amenaza o presencia de agentes extraños. En este sentido el ser humano es quien dados sus diferentes intereses hacia las abejas irrumpe en su hábitat y altera sus ciclos biológicos. No obstante esta defensividad o agresividad de las abejas, según la perspectiva desde la cual sea estudiada, corresponde a una característica de comportamiento heredable que puede atenuarse en gran medida a través del mejoramiento genético.

Por tal razón esta fue la segunda variable en importancia del proyecto de investigación realizado, en el cual se desarrollaron pruebas de Stort para la totalidad de colonias que conformaron los cuatro apiarios experimentales 1 (Pajapita San Marcos), 2 (Colomba, Quetzaltenango), 3 (San Pedro La Laguna, Sololá) y 4 (Chicacao, Suchitepéquez). Estas pruebas fueron realizadas durante abril y mayo 2020, luego de haber implementado simulacros en el CTTA del Programa MOSCAMED para estandarizar el protocolo que permitió su realización. Lo que a su vez permitió el desarrollo de una serie de capacidades de alto valor.

Para comparar el nivel de defensividad (agresividad) de los diferentes tratamientos fue necesario ignorar el tratamiento E (Testigo) debido a que el tipo de reina testigo en cada apiario fue el que ya se encontraba en cada localidad. Para satisfacer los requerimientos del modelo estadístico para el análisis de la varianza, los datos fueron transformados mediante el logaritmo ($x+1$), aunque los resultados de la comparación de las medias de los tratamientos se presentan en la escala original (Ver anexo 2, cuadro 12).

Figura 25: Resultados obtenidos de la prueba de Stort por apiario experimental, según el tipo de reina.



Fuente: Equipo investigador.

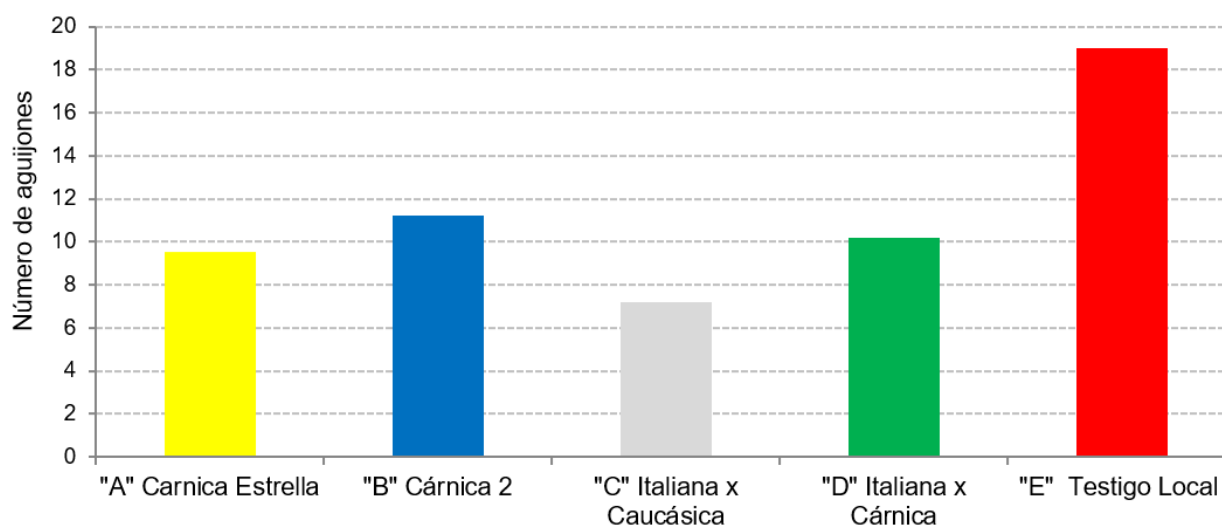
Cabe destacar el apiario 3 (San Pedro La Laguna, Sololá) en el cual el tratamiento E (Testigo) fue estadísticamente superior en el nivel de defensividad con relación a los tratamientos A, B, C y D. Lo que corresponde a un hallazgo trascendental debido a que la zona de la cuenta del Lago de Atitlan ha presentado con frecuencia dificultades de manejo apícola, derivado del comportamiento de alta defensividad de las colonias de abejas.

En este apiario el impacto de la introducción de reinas F1 progenie de las abejas reina importadas redujo de manera significativa el nivel de agresividad de las colonias de abejas F2 de los tratamientos A, B, C y D en comparación al tratamiento E (Testigo). Así mismo es posible observar en la gráfica anterior que el tratamiento C (Italiana x Cárnica) fue el tratamiento que registró menor reacción defensiva, lo que a pesar de no representar un nivel de significancia estadística, se considera un indicio interesante.

En los apiarios 1 (Pajapita, San Marcos), 2 (Colomba, Quetzaltenango) y 4 (Chicacao, Suchitepéquez) no se encontraron diferencias significativas entre el nivel de comportamiento defensivo de las colonias de abejas F2 progenie de las reinas F1 de cada uno de los tratamientos evaluados. No obstante, se considera relevante resaltar que el tratamiento C (Italiana x Cárnica) registró la menor reacción de defensividad en los apiarios 2 y 4, mientras que el tratamiento E (Testigo) registró la mayor intensidad de defensividad en estos apiarios.

A continuación se presenta una ilustración general del comportamiento de defensividad que presentaron los diferentes tratamientos evaluados, pese a que no se encontraron diferencias significativas entre sí, el tratamiento C (Italiana x Cárnica) registró la menor reacción de defensividad, al mismo tiempo que el Tratamiento E (Testigo) registró el nivel más alto de reacción defensiva.

Figura 26: Resultados obtenidos de la *prueba de Stort* según el tipo de reina.



Fuente: Equipo investigador.

Es valioso resaltar que el personal técnico del CTTA del Programa MOSCAMED indicó la observancia de una reducción importante en el comportamiento de defensividad (agresividad) de las colonias posterior a la introducción de los diferentes tipos de abejas reina importadas, lo que se pudo observar principalmente durante los procesos de reproducción y crianza de abejas F1, así como como también durante el apoyo que dicho personal brindó a las labores de manejo y evaluación en los apiarios experimentales del proyecto.

Figura 26: Manejo de colonias progenie de reinas importadas en el CTTA y en San Pedro La Laguna Sololá.



Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

6.4. Incidencia de plagas y enfermedades

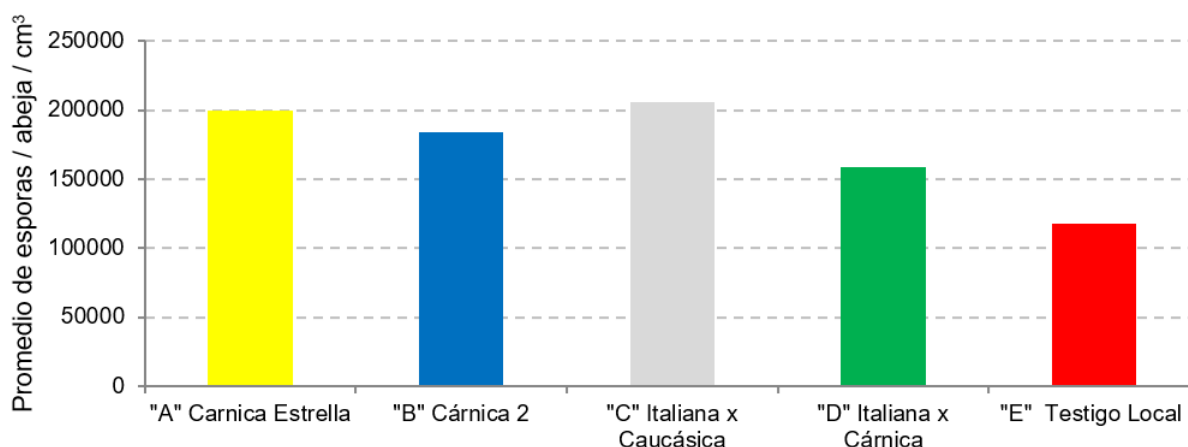
Como variable complementaria de evaluación de los tratamientos del proyecto de investigación se realizó el monitoreo permanente de la incidencia de plagas y enfermedades de las abejas de manera permanente en los apiarios experimentales, tomándose muestras de abejas con una frecuencia quincenal para ser analizadas por el Laboratorio de Patología Apícola del CTTA.

Se hizo énfasis en determinar la incidencia de enfermedades como Nosemosis *Nosema apis* y Amebiasis *Malpighamoeba mellificae prell*. Así como también se realizó el monitoreo de la presencia de plagas de las abejas como lo son el ácaro *Varroa destructor*, moscas parasitarias de las abejas del Género *Melaloncha*, entre otras. Siendo relevante indicar que no se encontró presencia de: Acariosis, moscas parasitarias de las abejas del Género *Melaloncha* y pequeño escarabajo de las colmenas *Aethina tumida*.

6.4.1. Incidencia de Nosemiasis

Enfermedad relacionada con la presencia de hongos *Nosema apis* en el tracto digestivo de las abejas adultas, que en casos de infestación muy elevada, ocasiona el debilitamiento y muerte prematura de las abejas. Los niveles de infestación se establecen según el promedio de esporas por abeja analizada a nivel de laboratorio, de tal manera que según referencias brindadas por el CTTA del Programa MOSCAMED menos de 100,000 esporas/abeja/cm³ se consideran una infestación baja y hasta 800,000 esporas/abeja/cm³ se consideran una infestación media.

Figura 27: Presencia de Nosemiasis, promedio por tratamiento.



Fuente: Equipo investigador.

En la gráfica anterior es posible denotar que en promedio el tratamiento E (Testigo) tuvo menos presencia de Nosemiasis, sin embargo el análisis estadístico no permitió encontrar diferencias significativas entre los tratamientos para los apiarios 1 (Pajapita, San Marcos) 2 (Colomba, Quetzaltenango) y 4 (Chicacao, Suchitepequez). Para el apiario 3 (San Pedro La Laguna, Sololá) el tratamiento B (Cárnica) presentó niveles significativamente más altos que el resto de los tratamientos. (Ver Anexo 2, cuadro 13).

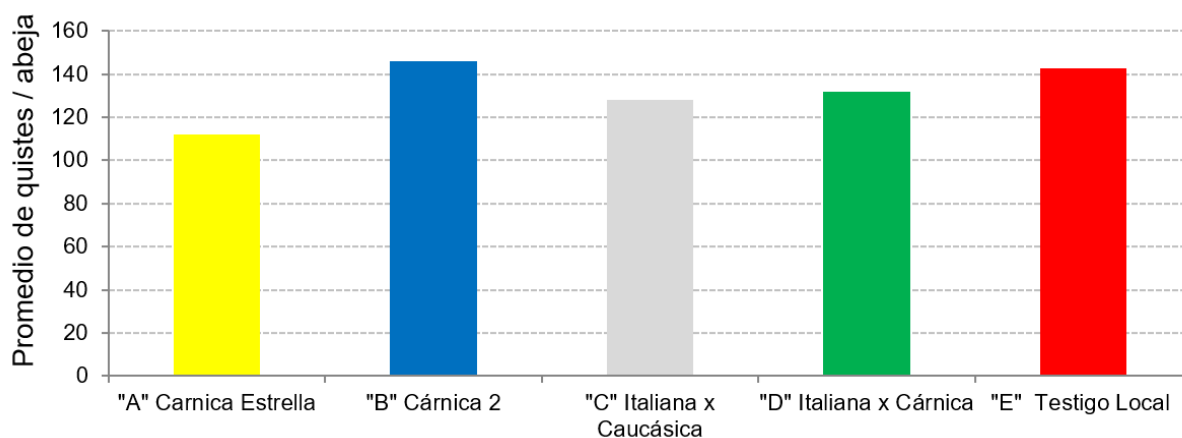
En este sentido, es importante resaltar que las prácticas de control más efectivas para esta enfermedad corresponden al mantenimiento externo de los apiarios como por ejemplo el control de malezas y el control de sombra para mantener niveles bajos de humedad, así mismo la utilización a agua potable y equipos limpios para el suministro de alimentación durante la temporada de invierno.

6.4.2. Incidencia de Amebiasis

Enfermedad relacionada a la presencia de parásitos *Malpighamoeba mellificae prell* en los órganos de excreción de las abejas adultas, estos parásitos forman quistes de forma redonda que sobreviven durante meses en las excretas de las abejas. Una alta incidencia de esta enfermedad ocasiona el debilitamiento de las colonias, llegando también a ocasionar la muerte prematura de las abejas.

Los niveles de infestación se miden a través del número de quistes por abeja encontrados a través de su análisis a nivel de laboratorio, de tal forma que según parámetros brindados por el CTTA del Programa MOSCAMED se considera una infestación baja 249 quistes/abeja y a partir de 250 quistes/abejas se considera un nivel de infestación medio.

Figura 28: Presencia de Amebiasis, promedio por tratamiento.



Fuente: Equipo investigador.

La gráfica anterior permite apreciar que el tratamiento A (Cárnica Estrella) registró una menor incidencia de Amebiasis. Para los apiarios 1 (Pajapita, San Marcos) y 4 (Chicacao, Suchitepequez) no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Al mismo tiempo que para el apiario 2 (Colomba, Quetzaltenango) el tratamiento D (Italiana x Cárnica) y el Tratamiento E (Testigo) mostraron un nivel significativamente más alto del resto de tratamientos.

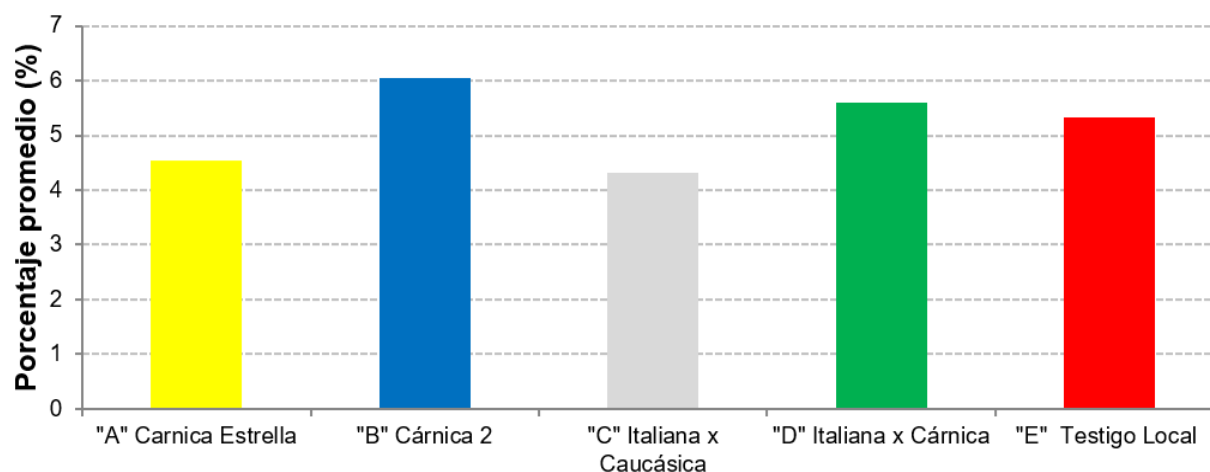
Finalmente cabe destacar que en el apiario 3 (San Pedro La Laguna, Sololá) el tratamiento B (Cárnica) y el Tratamiento E (Testigo) mostraron un nivel significativamente más alto de presencia de Amebiasis con relación al resto de tratamientos evaluados. (Ver Anexo 2, Cuadro 14).

Como información complementaria cabe destacar que las medidas más efectivas de prevención y control de esta enfermedad se relaciona con el mantenimiento externo de apiarios, principalmente con relación a la higiene y limpieza del área, así mismo la utilización a agua potable y el suministro higiénico de alimentación artificial durante el invierno utilizando agua potable, así como utensilios y equipos limpios, principalmente.

6.4.3. Incidencia de Varroasis

Constituye una parasitosis externa y contagiosa causada por el ácaro *Varroa destructor* que tienen incidencia en las colonias tanto a nivel panales con cría de abejas, como abejas adultas, se considera el principal riesgo sanitario para la apicultura a nivel mundial que ocasiona la muerte de abejas. Se puede detectar a simple vista sobre el cuerpo de las abejas adultas o dentro de celdas con cría de abejas operculada, principalmente de zánganos y de abejas obreras. Los niveles de infestación según referencias brindadas por el CTTA del Programa MOSCAMED se clasifican como bajos hasta un 5%, medios hasta un 10% y a partir de un 11% se consideran niveles de infestación altos.

Figura 29: Incidencia de Varroasis, promedio por tratamiento.



Fuente: Equipo investigador.



En base a la gráfica anterior es posible indicar que el tratamiento C (Italiana x Cárnica) registró un menor promedio de incidencia de Varroasis durante la investigación, sin embargo en los apiarios 1 (Pajapita, San Marcos), 2 (Colomba, Quetzaltenango) y 4 (Chicacao, Suchitepéquez) no se encontraron diferencias significativas entre los niveles de incidencia de Varroasis de los diferentes tratamientos. Mientras que en el apiario 3 (San Pedro La Laguna, Sololá) los tratamientos C (Italiana x Caucásica) y E (Testigo) presentaron un nivel significativamente menor de presencia de Varroasis (Ver anexo 2, cuadro 14).

Es importante destacar que según información brindada por el CTTA del Programa MOSCAMED los principales controles se basan en productos autorizados por el MAGA como por ejemplo ácido oxálico por medio de vaporización y productos a base de timol.

7. CONCLUSIONES

- El período de evaluación de los tratamientos consistió en la última castra o cosecha de miel de la temporada 2019/20, encontrándose diferencias significativas de distinta índole para cada una de las variables respuesta de la investigación. Por lo que es posible aceptar la hipótesis planteada al inicio del proyecto, ya que se pudo observar que la introducción de genes europeos a través del cambio frecuente de abejas reinas mejoradas tanto en el apiario del CTTA del Programa MOSCAMED como en los diferentes apiarios experimentales, ha permitido iniciar un proceso valioso de selección de abejas con características de africanización controlada con menor agresividad y mayor productividad.
- Con relación al tratamiento E (Testigo) que representó el genotipo actual localmente disponible en las localidades en las que se realizaron las evaluaciones de campo, al hacer una apreciación global de los resultados de la investigación es posible concluir que estuvo relacionado con un tercer orden en cuanto al incremento acumulado de peso por colmena, así como también con el registro de mayor reacción de defensividad (agresividad). En cuanto a la incidencia de plagas y enfermedades de las abejas, este tratamiento estuvo relacionado con una baja incidencia de Nosemiasis, con una alta incidencia de Amebiasis y con un nivel medio de incidencia de Varroasis.
- En base a los resultados obtenidos de la fase experimental del proyecto, es posible indicar que las colonias de abejas con poblaciones F2 progenie de las reinas F1 del tratamiento C (Italiana x Cárnica), representan el origen de la selección de una nueva línea de abejas mejoradas localmente. Teniendo en consideración que estas colonias mostraron un comportamiento estadísticamente superior en la ganancia de peso acumulado por colmena en condiciones de clima templado a frío (Colomba, Quetzaltenango) y en condiciones de clima cálido (Pajapita, San Marcos), presentando a su vez los registros más altos de producción de miel en clima cálido (Pajapita, San Marcos) y (Chicacao, Suchitepéquez), así como los registros más bajos de defensividad (agresividad) y de presencia de Varroasis respecto a los registros de colonias F2 progenie de las reinas F1 de los tratamientos A, B y D.
- En segunda instancia es importante mencionar que las colonias de abejas con poblaciones F2 progenie de las reinas F1 del tratamiento D (Italiana x Cárnica) presentaron un comportamiento estadísticamente superior en la ganancia de peso acumulado por colmena en condiciones de clima templado a frío (Colomba, Quetzaltenango) y en condiciones de clima cálido ((Pajapita, San Marcos). Presentando también registros bajos de defensividad (agresividad). Por lo tanto se considera que existen indicios suficientes para considerar a este tratamiento como el precursor para la selección de una segunda nueva línea de abejas mejoradas localmente.
- La ejecución de las diferentes etapas del proyecto involucraron el trabajo colaborativo entre apicultores, técnicos designados por las organizaciones participantes y personal técnico del CTTA del Programa MOSCAMED generando un impacto de alto valor de fortalecimiento de capacidades y destrezas para la estandarización del manejo estacional de colmenas, para el manejo tecnificado e introducción de abejas reina mejoradas, así como también para la aplicación de los métodos de pesaje de colmenas y pruebas de Stort. Generando a su vez una mayor conciencia sobre la importancia e implicaciones del proceso de mejoramiento genético de abejas.

8. RECOMENDACIONES

- Se considera relevante continuar esfuerzos interinstitucionales para seguir avanzando en el desarrollo de un programa continuo de mejoramiento genético y selección de abejas para las diferentes zonas de producción apícola del país. Teniendo como base fundamental los mecanismos creados en 2019 para la importación autorizada de abejas reina procedentes de EUA, a través de las autoridades involucradas (USDA-MAGA). Lo anterior considerando las grandes ventajas que representa para el país el poder introducir reinas de genética europea de manera continua y controlada con el respaldo de programas de selección y crianza de abejas de alto prestigio y reconocimiento a nivel mundial.
- Se considera muy importante continuar realizando la labor de conservación y mantenimiento de la genética de las abejas reina aportada en 2019 a través de la inseminación instrumental de abeja para el desarrollo de retrocruzas. Siendo de especial relevancia también el mantenimiento oportuno del banco de zánganos establecido en los alrededores del CTTA para la fecundación de reinas F1.
- Desarrollar un estudio descriptivo y un mapeo para la identificación de áreas naturales de congregación de zánganos en las principales zonas de producción apícola del país, con el fin de promover la habilitación de áreas de fecundación controlada de reinas mejoradas F1.
- Se considera valioso el desarrollo de nuevas fases de investigación que permitan avanzar paralelamente en aspectos que se consideran importantes como siguientes pasos para la próxima temporada de producción de miel 2020/21. Validación de los resultados obtenidos para los tratamientos C (Italiana x Cárnica) y D (Italiana x Cárnica) a través de metodologías aplicables para tal fin, que a su vez permitan vincular ubicaciones con potencial para convertirse a futuro en centros de fecundación de abejas reina mejoradas F1, como también vincular a apiarios enfocados a la preproducción y crianza comercial de abejas reina existentes en las zonas evaluadas. Lo anterior para las cuatro localidades evaluadas Pajapita San Marcos, Colomba Costa Cuca, San Pedro La Laguna y Chicacao Suchitepéquez.
- Desarrollar procesos de capacitación y asistencia técnica acerca del manejo tonificado de abejas reina y asistencia que permitan involucrar tanto a apicultores dedicados a la producción de miel de abejas, como también a apicultores que se dedican al proceso de reproducción, crianza y comercialización de abejas reina en el área de influencia de las zonas evaluadas como primera etapa.

9. BIBLIOGRAFIA

- Abushady, A. Z. 1949. Races of bees. In Grout, Roy A. La Colmena y la Abeja Melifera. Dadant & Sons. Inc., Hamilton, Ill. 11-20.
- Alpatov, W. 1929. Biometrical studies on variation and races of the honey bee. Quart. Rev. Biol. 4:1-58.
- Dadant & Sons. 1975. La Colmena y la Abeja Melifera. Pag. 47-66: 216:217:224: 228:229:233.
- Gramacho, K; Goncalves L. 2000. Actividades del centro de investigación, mejoramiento genético y desarrollo de la apicultura del Estado de México (En línea). México. Consultado 26 feb. 2020. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/348966680/MCIAA9-pdf>
- Ibarra Urrutia, J. 28 feb. 2018. Fenotipo actual de las abejas *Apis mellifera* en Guatemala, métodos de medición de defensividad (Método de la pelota de felpa) y productividad de colmenas (Método de pesaje de colmenas), manejo estacional de colmenas. (entrevista). Rio Bravo, Guatemala, Centro de Transferencia de Tecnología Apícola Programa MOSCAMED
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, México), UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México, México) 2002. Efecto de la africanización sobre la producción de miel, defensividad y tamaño de las abejas (*Apis mellifera* L.) En el altiplano mexicano (En línea). Zacatecas, México. Consultado 26 feb. 2020. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/348966680/MCIAA9-pdf>
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, México), UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México, México) 2002. Actividades del centro de investigación, mejoramiento genético y desarrollo de la apicultura del Estado de México (En línea). México. Consultado 20 feb. 2020. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/348966680/MCIAA9-pdf>
- Kleine, G. 1960. The characteristics of three races of bees the Italian. Am Bee J. 100:177.
- Poole, H. K. and S. Taber, III. 1969. A method of in vitro storage of honey-bee semen. Am. Bee. J. 109:420-421.
- Rothenbuhler, W. C. 1960. A technique for studying genetics of colony behavior in honey bees. Am. Bee J. Heredity 48:160-168.
- Rothenbuhler, W. C. 1964. Behavior genetics of nest cleaning in honey bees. IV. Responses of F1 and backcross generations to disease-killed brood. Am. Zoologist 4:111-123.
- Stort, A. C. 1975. Genetics study of aggressiveness of two subspecies of *Apis mellifera* in Brazil. 2. Time at which the first sting reached a leather ball. J. Apicultural Res 14: 171-5

10. ANEXO 1: Ilustraciones de la metodología del proyecto de investigación

10.1. Mejoramiento genético: Establecimiento de banco de zánganos

Figura 29: Capacitaciones ofrecidas en apiarios ubicados dentro de un radio de 3Km del CTTA, municipios de Santa Bárbara y Río Bravo Suchitepéquez. Adán González, Diego Jimon, Isaías Flores.



Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

Figura 30: Capacitaciones ofrecidas en apiarios ubicados dentro de un radio de 3Km del CTTA, municipios de Santa Bárbara y Rio Bravo Suchitepéquez. Victoriano Bulux, Mateo Bulux, Horacio Pérez, Isaías Flores.



Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

Figura 31: Ilustración de visitas de campo para la entrega periódica de reinas seleccionadas localmente, producidas en el CTTA, con el objetivo de establecer el banco de zánganos a 3 km de dicho centro.



Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

Figura 32: Visitas realizadas por el Dr. Raúl Rivera y equipo técnico del CTTA del Programa MOSCAMED, para la verificación del banco de zánganos establecido en apiarios ubicados a 3Km alrededor de este centro.



Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

10.2. Mejoramiento genético: Crianza y fecundación de abejas reinas F1

Figura 33: Colmena Tipo T, núcleo y marco “Aislador de Reinas Reales” como parte del proceso de reproducción, crianza y fecundación de abejas reinas F1.



Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

Figura 34: Colmenas madre, colmenas tipo T y núcleos con colores amarillo, celeste, blanco, verde y rojo para facilitar la trazabilidad del proceso de introducción de reinas importadas, reproducción, crianza y fecundación de abejas reinas F1 de cada tratamiento.



Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

10.3. Establecimiento de apiarios experimentales: Asistencia técnica

Figura 35: Asistencia técnica realizada por el Centro de Transferencia de Tecnología Apícola del Programa MOSCAMED. Apiario Experimental COPIASURO R.L. Pajapita, San Marcos.



Fuente: Comité Apícola de AGEXPORT

Figura 36: Asistencia técnica realizada por el Centro de Transferencia de Tecnología Apícola del Programa MOSCAMED. Apiario Experimental FECCEG. Colomba, Quetzaltenango.



Fuente: Comité Apícola de AGEXPORT

Figura 37: Asistencia técnica realizada por el Centro de Transferencia de Tecnología Apícola del Programa MOSCAMED. Apiario Experimental ATITLAN R.L. San Pedro La Laguna, Sololá.



Fuente: Comité Apícola de AGEXPORT

Figura 38: Visitas técnicas realizadas por el Equipo Investigador, apiario experimental ARNPG. Laboratorio de patología apícola CTTA.



Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

10.4. Establecimiento de apiarios experimentales: Identificación de apiarios y tratamientos

Figura 39: Apiario experimental Pajapita, San Marcos – COPIASURO R.L.



Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

Figura 40: Apiario experimental Colomba, Quetzaltenango - FECCEG.



Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

Figura 41: Apiario experimental San Pedro La Laguna, Sololá - ATITLAN R.L.



Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

Figura 42: *Apiario experimental Chicacao, Suchitepéquez - ARNPG*



Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

10.5. Establecimiento de apiarios experimentales: Introducción de tratamientos

Figura 43: *Muestra de abejas reinas fecundadas F1, separadas por tratamiento y colocadas en jaulas y porta jaulas para su traslado hacia apiarios experimentales.*



Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

Figura 44: Ilustración de la entrega de abejas reina F1 fecundadas. Apiario Experimental COPIASURO R.L. Pajapita, San Marcos.



Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

Figura 45: Introducción de abejas reina F1 fecundadas. Apiario Experimental COPIASURO R.L. Pajapita, San Marcos.



Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

Figura 46: Ilustración de la entrega de abejas reina F1 fecundadas F1. Apiario Experimental FECCEG. Colomba Quetzaltenango.



Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

Figura 47: Ilustración de la entrega de abejas reina F1 fecundadas F1. Apiario Experimental ATITALN R.L. San Pedro La Laguna, Sololá.



Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

10.6. Evaluación de los tratamientos: Método pesaje de colmenas

Figura 48: Pesaje de colmenas apiarios San Marcos, Quetzaltenango, Sololá y Suchitepéquez.



Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

10.7. Evaluación de los tratamientos: Prueba de Stort

Figura 49: *Pruebas de Stort o pruebas de la pelota de felpa en los diferentes apiarios experimentales: San Marcos y Quetzaltenango.*



Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

Figura 50: Pruebas de Stort o pruebas de la pelota de felpa en los diferentes apiarios experimentales: Suchitepéquez y Sololá.



Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

10.8. Evaluación de los tratamientos: Monitoreo de plagas y enfermedades

Figura 51: *Proceso de toma de muestras de abejas y su análisis a nivel de laboratorio, como parte del monitoreo periódico de plagas y enfermedades apícolas en apiarios experimentales.*



Fuente: Centro de Transferencia de Tecnología Apícola del Programa MOSCAMED.

11. ANEXO 2: Análisis de información y resultados del proyecto de investigación

11.1. Análisis estadístico: Incremento de peso acumulado por colmena

Cuadro 6: *Incremento acumulado de peso de colmenas (Apiarios experimentales 1 y 2).*

APIARIO 1 (Pajapita, San Marcos – COPIASURO R.L.)											
INCREMENTO ACUMULADO A LA PRIMERA SEMANA				INCREMENTO ACUMULADO A LA SEGUNDA SEMANA				INCREMENTO ACUMULADO A LA TERCERA SEMANA			
	F	3.03			F	3.85			F	2.83	
	p-valor	0.0269			p-valor	0.009			p-valor	0.0354	
TIPO DE REINA	Medias			TIPO DE REINA	Medias			TIPO DE REINA	Medias		
"C" Italiana x Caucásica	13.6	A		"D" Italiana x Cárnica	18.9	A		"D" Italiana x Cárnica	20.7	A	
"D" Italiana x Cárnica	12.8	A		"C" Italiana x Caucásica	15.7	A		"C" Italiana x Caucásica	14	A	
"A" Cárnica Estrella	8.9		B	"A" Cárnica Estrella	8.6		B	"A" Cárnica Estrella	8		B
"E" Testigo Local	5.9		B	"E" Testigo Local	4.2		B	"B" Cárnica 2	3.8		B
"B" Cárnica 2	4.9		B	"B" Cárnica 2	3.6		B	"E" Testigo Local	3.2		B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

APIARIO 2 (Colomba, Quetzaltenango – FECCEG)											
INCREMENTO A LA PRIMERA SEMANA				INCREMENTO A LA SEGUNDA SEMANA				INCREMENTO A LA TERCERA SEMANA			
	F	1.26			F	1.92			F	2.33	
	p-valor	0.3031			p-valor	0.1256			p-valor	0.0723	
TIPO DE REINA	Medias			TIPO DE REINA	Medias			TIPO DE REINA	Medias		
"D" Italiana x Cárnica	3.38	A		"E" Testigo Local	3.2	A		"D" Italiana x Cárnica	0.75	A	
"E" Testigo Local	2.5	A		"D" Italiana x Cárnica	2.5	A		"C" Italiana x Caucásica	0.13	A	
"C" Italiana x Caucásica	2	A		"C" Italiana x Caucásica	1.75	A		"E" Testigo Local	-1	A	
"B" Cárnica 2	-3	A		"B" Cárnica 2	-6.6		B	"A" Cárnica Estrella	-10.3		B
"A" Cárnica Estrella	-6.6	A		"A" Cárnica Estrella	-9		B	"B" Cárnica 2	-10.8		B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Fuente: Equipo investigador.

Cuadro 7: Incremento acumulado de peso de colmenas (Apiarios experimentales 3 y 4)

APIARIO 3 (San Pedro La Laguna, Sololá – ATITLAN R.L.)											
INCREMENTO A LA PRIMERA SEMANA				INCREMENTO A LA SEGUNDA SEMANA				INCREMENTO A LA TERCERA SEMANA			
	F	1.43			F	1.02			F	0.63	
	p-valor	0.2408			p-valor	0.4064			p-valor	0.6433	
TIPO DE REINA	Medias			TIPO DE REINA	Medias			TIPO DE REINA	Medias		
"C" Italiana x Caucásica	10.5	A		"D" Italiana x Cárnica	1.1	A		"D" Italiana x Cárnica	-	A	
"D" Italiana x Cárnica	9.1	A		"E" Testigo Local	-0.1	A		"C" Italiana x Caucásica	-7.7	A	
"E" Testigo Local	7.7	A		"A" Cárnica Estrella	-0.6	A		"B" Cárnica 2	-9	A	
"A" Cárnica Estrella	4.4	A		"C" Italiana x Caucásica	-2.1	A		"A" Cárnica Estrella	-9.3	A	
"B" Cárnica 2	1.6	A		"B" Cárnica 2	-7.3	A		"E" Testigo Local	-11.1	A	

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

APIARIO 4 (Chicacao, Suchitepéquez – ARNPG)											
INCREMENTO A LA PRIMERA SEMANA				INCREMENTO A LA SEGUNDA SEMANA				INCREMENTO A LA TERCERA SEMANA			
	F	2.19			F	0.95			F	0.95	
	p-valor	0.0855			p-valor	0.4462			p-valor	0.4431	
TIPO DE REINA	Medias			TIPO DE REINA	Medias			TIPO DE REINA	Medias		
"A" Cárnica Estrella	2.1	A		"E" Testigo Local	8	A		"B" Cárnica 2	17.1	A	
"B" Cárnica 2	1.4	A		"A" Cárnica Estrella	6	A		"E" Testigo Local	15	A	
"E" Testigo Local	1.2	A		"B" Cárnica 2	5.9	A		"C" Italiana x Caucásica	14.1	A	
"C" Italiana x Caucásica	0.9	A		"C" Italiana x Caucásica	5.2	A		"D" Italiana x Cárnica	11.1	A	
"D" Italiana x Cárnica	-0.2	A		"D" Italiana x Cárnica	1.9	A		"A" Cárnica Estrella	6	A	

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Fuente: Equipo investigador.

11.2. Análisis estadístico: Producción promedio de miel por colmena

Cuadro 8: Análisis estadístico de la producción promedio de miel por colmena en los diferentes apiarios experimentales.

PRODUCCIÓN DE MIEL								
APIARIO 1			APIARIO 3			APIARIO 4		
TIPO DE REINA	Media		TIPO DE REINA	Media		TIPO DE REINA	Media	
"C" Italiana x Caucásica	12.6	A	"E" Testigo Local	7.3	A	"E" Testigo Local	26.80	A
"E" Testigo Local	10.7	A	"A" Cárnica Estrella	7.1	A	"C" Italiana x Caucásica	21.50	A
"B" Cárnica 2	10.5	A	"D" Italiana x Cárnica	4.7	A	"B" Cárnica 2	20.67	A
"A" Cárnica Estrella	7.5	A	"B" Cárnica 2	4.2	A	"D" Italiana x Cárnica	20.00	A
"D" Italiana x Cárnica	5.6	A	"C" Italiana x Caucásica	4.1	A	"A" Cárnica Estrella	18.90	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Fuente: Equipo Investigador.

11.3. Información relacionada a la producción de miel

Cuadro 9: Producción de miel en apiario experimental Pajapita, San Marcos.

Tratamiento	Número de identificación de colmenas	No. total de alzas melarias	No. de total panales	Peso bruto de alzas con miel	Peso de alzas con panales extractados	Libras netas de miel cosechada	Porcentaje de humedad
"A" Cárnica Estrella	3,6,13,19,22,30,31,40,43,47	9	50	294	151	176	17.2%
"B" Cárnica	5,10,12,16,21,27,34,39,41,48	7	61	428	192	234	18.1%
"C" Italiana x Caucásica	2,7,15,17,24,28,32,36,45,46	9	57	376	185	192	17.3%
"D" Italiana x Cárnica	4,8,14,20,25,26,35,37,42,49	8	60	372	174	197	17.2%
"E" Testigo Local	1,9,11,18,23,29,33,38,44,50.	8	58	418	179	241	17.5%
TOTAL		41	286	1888	881	1040	

Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

Cuadro 10: *Producción de miel en apiario experimental San Pedro La Laguna, Sololá.*

Tratamiento	Número de identificación de colmenas	No. total de alzas melarias	No. de total panales	Peso bruto de alzas con miel	Peso de alzas con panales extractados	Libras netas de miel cosechada	Porcentaje de humedad
"A" Carnica Estrella	1,6,15,17,30,38,25,33,42 , 47	2	19	106	69	37	18.60%
"B" Cárnica	2,10,19,13,22,26,36,35,43,46	1	11	51	27	24	18.50%
"C" Italiana x Caucásica	3,8,16,14,24,27,39,32,41,48	2	18	74	46	28	18.50%
"D" Italiana x Cárnica	4,7,20,12,21,29,37,34,45,50	2	14	88	60	28	18.70%
"E" Testigo Local	5,9,18,11,23,28,40,31,44,49	3	22	100	35	65	18.50%
TOTAL		10	84	419	237	182	

Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

Cuadro 11: *Producción de miel en apiario experimental Chicacao, Suchitepéquez.*

Tratamiento	Número de identificación de colmenas	No. total de alzas melarias	No. de total panales	Peso bruto de alzas con miel	Peso de alzas con panales extractados	Libras netas de miel cosechada	Porcentaje de humedad
"A" Carnica Estrella	3,6,13,19,22,30,31,40,43,47	9	50	294	151	176	17.2%
"B" Cárnica	5,10,12,16,21,27,34,39,41,48	7	61	428	192	234	18.1%
"C" Italiana x Caucásica	2,7,15,17,24,28,32,36,45,46	9	57	376	185	192	17.3%
"D" Italiana x Cárnica	4,8,14,20,25,26,35,37,42,49	8	60	372	174	197	17.2%
"E" Testigo Local	1,9,11,18,23,29,33,38,44,50.	8	58	418	179	241	17.5%
TOTAL		41	286	1888	881	1040	

Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

11.4. Análisis estadístico: Prueba de Stort

Cuadro 12: Análisis estadístico de la *Prueba de Stort en los diferentes apiarios experimentales.*

		Apiario		F	P
		1		0.29	0.8836
		2		0.20	0.9377
		3		3.81	0.0095
		4		0.5	0.7388

TIPO DE REINA	Apiario 1			Apiario 2			Apiario 3			Apiario 4		
	n	Medias		Medias			Medias			Medias		
"E" Testigo Local	10	12.4	A	4.5	A		39.30	A		19.80	A	
"A" Cárnica Estrella	10	6.6	A	1.1	A		16.80	B		13.70	A	
"B" Cárnica 2	10	9.9	A	2.9	A		15.90	B		16.30	A	
"D" Italiana x Cárnica	10	5.8	A	2.4	A		13.60	B		19.00	A	
"C" Italiana x Caucásica	10	12.8	A	0.8	A		4.90	B		10.20	A	

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Fuente: Equipo investigador.

11.5. Análisis estadístico: Monitoreo de plagas y enfermedades

Cuadro 13: Análisis estadístico de la presencia de *Nosemiasis en los diferentes apiarios experimentales.*

NOSEMIASIS					
APIARIO 1			APIARIO 2		
TIPO DE REINA	Promedio		TIPO DE REINA	Promedio	
"C" Italiana x Caucásica	368333.33	A	"A" Cárnica Estrella	369166.67	A
"A" Cárnica Estrella	100833.33	A	"B" Cárnica 2	231666.67	A
"D" Italiana x Cárnica	97500.00	A	"D" Italiana x Cárnica	180833.33	A
"B" Cárnica 2	85000.00	A	"C" Italiana x Caucásica	105833.33	A
"E" Testigo Local	75000.00	A	"E" Testigo Local	86666.67	A

APIARIO 3			APIARIO 4		
TIPO DE REINA	Promedio		TIPO DE REINA	Promedio	
"B" Cárnica 2	131666.67	A	"C" Italiana x Caucásica	290000.00	A
"E" Testigo Local	76666.67		"B" Cárnica 2	289166.67	A
"D" Italiana x Cárnica	70833.33		"D" Italiana x Cárnica	284166.67	A
"C" Italiana x Caucásica	58333.33		"A" Cárnica Estrella	269166.67	A
"A" Cárnica Estrella	57500.00		"E" Testigo Local	231666.67	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Fuente: Equipo investigador.

Cuadro 14: Análisis estadístico de la presencia de *Amebiasis* en los diferentes apiarios experimentales.

TIPO DE REINA	Amebiasis				
	APIARIO 1		APIARIO 2		
	Medias		Medias		
"D" Italiana x Cárnica	155.12	A	177.05	A	
"E" Testigo Local	113.73	A	141.32	A	
"B" Cárnica 2	148.4	A	127.9		B
"C" Italiana x Caucásica	208.05	A	110.32		B
"A" Cárnica Estrella	145.28	A	100.42		B
<i>Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)</i>					
TIPO DE REINA	Amebiasis				
	APIARIO 3		APIARIO 4		
	Medias		Medias		
"B" Cárnica 2	185.75	A		121.93	A
"E" Testigo Local	154.63	A		161.42	A
"A" Cárnica Estrella	111.52		B	90.53	A
"C" Italiana x Caucásica	84.8		B	108.95	A
"D" Italiana x Cárnica	84.28		B	110.92	A
<i>Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)</i>					

Fuente: Equipo investigador.

Cuadro 15: Análisis estadístico de la presencia de Varroasis en los diferentes apiarios experimentales.

VARROASIS									
APIARIO 1						APIARIO 2			
TIPO DE REINA		Medias				TIPO DE REINA		Medias	
"E" Testigo Local		7.73	A			"D" Italiana x Cárnica		6.8	A
"B" Cárnica 2		7.4	A			"B" Cárnica 2		4.82	A
"D" Italiana x Cárnica		4.88	A			"C" Italiana x Caucásica		3.75	A
"C" Italiana x Caucásica		3.72	A			"A" Cárnica Estrella		3.58	A
"A" Cárnica Estrella		3.6	A			"E" Testigo Local		2.7	A
APIARIO 3						APIARIO 4			
TIPO DE REINA		Medias				TIPO DE REINA		Medias	
"A" Cárnica Estrella		7.47	A			"E" Testigo Local		7.48	A
"D" Italiana x Cárnica		7.41	A			"C" Italiana x Caucásica		5.5	A
"B" Cárnica 2		7.2	A			"B" Cárnica 2		4.79	A
"C" Italiana x Caucásica		4.32		B		"A" Cárnica Estrella		3.48	A
"E" Testigo Local		3.41		B		"D" Italiana x Cárnica		3.28	A
Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)									

Fuente: Equipo investigador.

11.6. Monitoreo de variables climáticas

Cuadro 16: Monitoreo de variables climáticas en apiario experimental de Chicacao, Suchitepéquez.

AÑO 2020	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
1		0.0	0.0	5.0	119.2
2		0.0	0.0	1.8	0.0
3		0.0	0.0	1.6	0.0
4		0.0	0.0	0.2	0.0
5		0.0	0.0	0.0	0.8
6		0.0	0.0	0.0	0.0
7		0.0	0.0	0.0	12.2
8		0.0	0.0	0.0	3.8
9		0.0	6.6	0.0	4.4
10		0.0	0.2	0.0	0.0
11		0.0	0.0	0.0	36.2
12		0.0	0.0	0.0	15.6
13		0.0	0.0	0.0	42.0
14	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8
15	0.2	0.0	0.0	0.0	86.0
16	0.2	0.0	0.0	27.6	0.0
17	0.0	0.0	0.0	35.8	6.0
18	0.0	0.0	0.0	11.8	101.4
19	0.0	0.0	0.0	10.6	15.8
20	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6
21	0.0	0.0	0.0	0.0	29.8
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	0.8	0.0	0.0	0.0	18.8
24	0.2	0.0	0.0	0.0	0.8
25	0.8	0.0	0.0	8.4	0.2
26	0.8	0.0	0.0	0.0	13.2
27	0.2	1.4	0.0	0.0	
28	0.0	0.2	0.0	0.0	
29	0.0	0.0	0.2	0.0	
30	0.0		0.2	0.0	
31	0.0		0.0		
Precipitación pluvial total (mm)	3.2	1.6	7.2	102.8	518.6
Humedad relativa promedio (%)	82.0	78.0	79.0	85.0	87.0
T° MÁXIMA	32.5	33.8	33.9	34.4	33.5
T° MEDIA	25.8	26.6	27.2	27.9	27.1
T° MINIMA	20.7	21.0	22.0	23.1	22.7
DIRECCIÓN DE VIENTO	W	W	W	W	W
DÍAS CON LLUVIA	7	2	4	9	19

Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

Cuadro 17: Monitoreo de variables climáticas en apiario experimental de Colomba, Quetzaltenango.

AÑO 2020	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
DÍA	Lluvia (mm)	Lluvia (mm)	Lluvia (mm)	Lluvia (mm)	Lluvia (mm)
1		0.0	0.2	0.0	12.4
2		0.0	0.0	9.8	0.4
3		0.0	3.8	4.0	48.0
4		0.0	2.4	27.8	0.2
5		0.0	0.2	2.0	33.6
6		0.0	0.0	5.6	0.0
7		0.0	0.0	0.0	20.8
8		0.0	0.0	0.0	41.4
9		0.0	0.0	15.4	2.4
10		0.0	0.0	0.0	0.4
11		0.0	0.0	9.8	0.8
12		0.8	16.4	0.0	10.4
13		0.0	0.0	0.0	76.0
14	0.0	0.0	0.0	0.6	0.2
15	0.0	0.0	1.2	0.0	32.4
16	0.0	0.0	0.0	0.0	22.2
17	0.0	0.0	6.6	6.0	1.6
18	0.0	0.0	0.0	0.0	57.2
19	0.0	0.0	6.0	0.4	0.4
20	0.0	0.0	1.2	0.4	5.4
21	0.0	0.0	0.0	1.2	18.0
22	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	4.0	0.0	0.0	0.6	14.0
24	0.8	6.2	0.0	0.8	0.0
25	13.2	7.0	1.2	2.2	0.4
26	2.8	0.4	0.0	0.6	8.2
27	0.0	0.0	0.0	0.0	Desinstal
28	0.4	3.0	0.0	31.6	
29	9.0	6.6	10.0	37.6	
30	0.0		12.2	1.8	
31	0.0		2.0		
Precipitación pluvial total (mm)	32.2	24.0	63.4	158.2	406.8
Humedad relativa promedio (%)	84.0	81.0	85.0	85.0	87.0
T° MÁXIMA	26.7	28.0	28.0	28.8	28.6
T° MEDIA	20.6	21.3	21.4	22.5	22.4
T° MINIMA	16.2	16.4	16.4	18.2	18.6
DIRECCIÓN DE VIENTO	ESE	ESE	ESE	SE	W
DÍAS CON LLUVIA	7	6	13	19	23

Fuente: CTTA-Programa MOSCAMED.

12. ANEXO 3: Difusión y divulgación de los resultados de la investigación.

Actividad	Fecha	Organización o Gremio participante
Reunión de difusión de resultados y aprendizaje generado. Apiario 1: Pajapita, San Marcos.	Martes 01/09/2020 14:00 horas Vía TEAMS	COPIASURO R.L.
Reunión de difusión de resultados y aprendizaje generado. Apiario 2: Colomba, Quetzaltenango.	Miércoles 02/09/2020 14:00 horas Vía TEAMS	FECCEG
Reunión de difusión de resultados y aprendizaje generado. Apiario 3: San Pedro La Laguna, Sololá.	Jueves 03/09/2020 14:00 horas Vía TEAMS	APICOLA ATITLAN R.L.
Reunión de difusión de resultados y aprendizaje generado. Apiario 4: Chicacao, Suchitepéquez.	Viernes 04/09/2020 14:00 horas Vía TEAMS	ARNPG
1era. Conferencia virtual: Resultados y aprendizaje del proyecto de investigación: "Mejoramiento Genético de Abejas para Incrementar la Productividad de Colonias ante el Cambio Climático"	Jueves 10/09/2020 16:00 – 17:30 horas Vía Zoom	Integrantes y beneficiarios del programa Cría Programa Sur Occidente (Consortios de actores locales, cadena de miel).
2da. Conferencia virtual: Resultados y aprendizaje del proyecto de investigación: "Mejoramiento Genético de Abejas para Incrementar la Productividad de Colonias ante el Cambio Climático"	Jueves 17/09/2020 16:00 – 17:30 horas Vía Zoom	Autoridades del Programa CRIA-IICA, Programa MOSCAMED, AGEXPORT, MAGA, USDA APHIS. Sector productivo del Sector Apícola nacional. Cadena de miel, productores atendidos por el CTTA del Programa MOSCAMED y por el Comité Apícola de AGEXPORT.