

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



“Evaluación de cuatro porcentajes de cera estampada en la etapa de producción de miel de abeja *Apis mellífera* L. en finca Chitalón Mazatenango, Guatemala”.

Trabajo de graduación presentado por
Danny Alonzo Valenzuela Chaj
para optar al grado académico de Licenciado en
Ingeniería en Tecnología Agroforestal

Guatemala,

2024

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



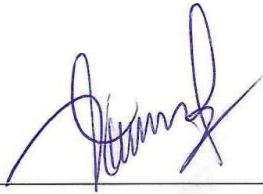
“Evaluación de cuatro porcentajes de cera estampada en la etapa de producción de miel de abeja *Apis mellífera* L. en finca Chitalón Mazatenango, Guatemala”.

Trabajo de graduación presentado por
Danny Alonzo Valenzuela Chaj
para optar al grado académico de Licenciado en
Ingeniería en Tecnología Agroforestal

Guatemala,

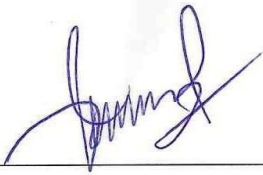
2024

Vo.Bo.:


(f) 

MA. Manuel Zacarías Ixmatá Guarchaj

Tribunal Examinador:

(f) 

MA. Manuel Zacarías Ixmatá Guarchaj

(f) 

Ingeniera Mónica María Ovando Cordón

(f) 

Ing. Arnoldo Benjamín Bulux Pacheco

Fecha de aprobación: Guatemala, 06 de noviembre de 2024.

CONTENIDO

RESUMEN	I
I. INTRODUCCIÓN	1
II. JUSTIFICACIÓN	2
III. OBJETIVOS	3
A. General	3
B. Específicos	3
IV. HIPÓTESIS	4
V. MARCO TEÓRICO	5
A. Apicultura.....	5
B. Apicultura en Guatemala.....	5
C. Las abejas	5
D. La colmena	7
E. La cera.....	8
F. Producción de cera por las abejas	8
G. Producción de cera por intervención humana	9
H. Propiedades de la cera	11
I. Cera estampada	11
J. Elaboración de cera estampada	11
K. Usos de la cera estampada.....	12
L. Productos de las abejas	12
M. Miel de abeja.....	12
N. Importancia de la producción de miel	12
O. Características organolépticas	13
P. Tipos de colmenas.....	13
VI. METODOLOGÍA	15
A. Localización del área de estudio	15
B. Información del apiario	15
C. Clima.....	16
D. Duración de la investigación	16
E. Variables	17
1. Volumen de miel:	17

2.	Tiempo.....	17
3.	Análisis económico:.....	17
F.	Diseño experimental	17
G.	Modelo estadístico.....	18
H.	Croquis y aleatorización de las colmenas.....	19
I.	Listado de materiales	21
J.	Manejo experimental	21
	Preparación del diseño	21
VII.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
K.	Volúmenes.....	25
L.	Análisis de la varianza	26
M.	Tiempo de producción de miel.....	27
N.	Análisis económico	28
VIII.	CONCLUSIONES	30
IX.	RECOMENDACIONES.....	31
X.	BIBLIOGRAFÍA	32
XI.	ANEXOS	34

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Colores de la miel	13
Tabla 2.	Descripción de los tratamientos de cera estampada.....	16
Tabla 3.	Cálculo de número de repeticiones	17
Tabla 4	Ilustración de los experimentos	20
Tabla 5	Listado de materiales	21
Tabla 6.	Resumen relación costo beneficio.	29
Tabla 7.	Presupuesto tratamiento 1 (25% cera estampada)	34
Tabla 8	Presupuesto tratamiento 2 (50% cera estampada)	35
Tabla 9	Presupuesto tratamiento 3 (75% cera estampada)	36
Tabla 10	Presupuesto tratamiento 4 (100% cera estampada)	37
Tabla 11	Flujo de caja tratamiento 1 25% cera estampada.....	38
Tabla 12	Flujo de caja tratamiento 2 50% cera estampada.....	38
Tabla 13	Flujo de caja tratamiento 3 75% cera estampada.....	39
Tabla 14	Flujo de caja tratamiento 4 100% cera estampada (Testigo relativo).....	39
Tabla 15.	Cronograma de actividades.....	45

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Estructura de un panal.....	7
Ilustración 2. Jerarquía de abejas.....	8
Ilustración 3 Tipos de colmenas	13
Ilustración 4 Colmena moderna.....	14
Ilustración 5 Colmena tipo langstroth.....	14
Ilustración 6. Mapa de ubicación.....	15
Ilustración 7. Croquis y aleatorización de las colmenas	19
Ilustración 8. Colocación de la cera estampada en los marcos con acompañamiento de Celso, encargado de los apiarios en la finca	22
Ilustración 9. Colocación de cera derretida para la sujeción de los marcos de cera estampada	22
Ilustración 10. Producción de miel en Litros.....	25
Ilustración 11. Gráfica de tiempos de producción	28
Ilustración 12. Fotografías de fase de campo	40
Ilustración 13. Mapa ubicación del apiario.....	44

RESUMEN

Tradicionalmente, los guatemaltecos en busca de ingresos económicos para sus familias desarrollaron e impulsaron la apicultura de manera empírica, sin darle importancia a la investigación. Debido a eso, surgieron investigaciones que pretendían impulsar el conocimiento sobre la producción con base en la cera estampada, que aportaba una mayor rapidez en la producción de miel y una mayor resistencia a enfermedades, a pesar de todos estos beneficios, la cera estampada genera un costo adicional para los apicultores.

La cera es una sustancia que las abejas producen a través de sus glándulas ceríferas, ubicadas en el abdomen. Cuando la cera es segregada, lo hace en forma líquida y con el tiempo se endurece. La cera de abeja se utiliza únicamente para la construcción de los panales (DADANT, 1975).

La investigación se centró en el análisis del rendimiento de la miel con base en la cera estampada colocada en marcos de madera, donde las abejas depositaban la miel. Se tuvo en cuenta el rendimiento económico y el factor tiempo. Se utilizó cera estampada en porcentajes de 25%, 50%, 75% y 100%, siendo este último el testigo relativo que se refiere al método tradicional en la apicultura actual. Las láminas de cera cortadas se implementaron en las colonias de abejas *Apis mellifera* L.

El proyecto se llevó a cabo desde noviembre de 2023 hasta enero de 2024, durante la floración del café de la finca Chitalón, aprovechando el ciclo de producción, lo cual evitaba proporcionar alimentación artificial.

Esta investigación se realizó en el apiario de la Finca Chitalón, situado en Mazatenango. El apiario contaba con colmenas de dos alzas y se trabajó únicamente con cajas de estas características para cumplir con los requisitos de un diseño experimental completamente aleatorizado que demanda homogeneidad en las condiciones de estudio.

Este enfoque metodológico permitió la comparación de variaciones en el proceso de producción de miel en relación con las distintas modalidades de intervención aplicadas o los diversos porcentajes de utilización de cera estampada. El análisis buscaba establecer la rentabilidad y eficacia derivadas del uso de proporciones específicas de cera estampada en el volumen de la producción apícola.

Los resultados identificaron que el uso de cera estampada en un 100% aumenta la producción de miel en comparación con los demás tratamientos a su vez optimizan el tiempo y mejoran la rentabilidad económica. Por lo tanto, el uso del 100% de cera estampada es recomendable.

I. INTRODUCCIÓN

La producción de miel de abeja, un proceso ancestral que ha perdurado a lo largo de la historia, representa una actividad vital tanto para la industria alimentaria como para la preservación del medio ambiente. En este contexto, la calidad del producto final depende de una serie de factores intrínsecos, entre los cuales se destaca el porcentaje de cera estampada utilizada en la etapa de producción. La cera estampada, elaborada por las propias abejas, juega un papel crucial en la construcción de láminas de cera estampada y en la contención y preservación de la miel; sin embargo, su impacto es fundamental en la calidad y cantidad de miel producida.

La cera estampada desempeña un papel fundamental en la apicultura moderna al proporcionar una base estructurada y eficiente para la construcción de panales. Esta sustancia, compuesta principalmente de cera de abejas y aditivos naturales, optimiza el tiempo y la energía de las abejas al ofrecer celdas prefabricadas para el almacenamiento de miel, polen y cría. Facilitando el manejo y la inspección de las colmenas por parte de los apicultores, la cera estampada contribuye a la salud y el bienestar de las abejas al promover un ambiente limpio y seguro dentro de la colmena. Su importancia radica en su capacidad para mejorar la eficiencia en la producción de miel, apoyar la salud de las colonias y facilitar prácticas apícolas sostenibles, destacando su relevancia tanto para la industria apícola como para la conservación de los polinizadores.

Para cuantificar el impacto de la cera estampada en la producción de miel, se diseñó un estudio metodológico. Se variaron los porcentajes de cera estampada entre las colmenas, manteniendo constantes otros factores, la genética de las abejas y la disponibilidad de recursos florales. Las variables principales del estudio fueron la cantidad de miel producida y el análisis económico de los tratamientos. La metodología empleada permitirá no solo discernir la eficacia de diferentes proporciones de cera estampada, sino también evaluar la viabilidad económica de reducir el uso de la cera en la producción, lo que podría conducir a una disminución en los costos operativos y un aumento en la rentabilidad para los apicultores.

Se empleó un diseño experimental completamente aleatorizado, adecuado para contextos donde las unidades experimentales son homogéneas. Este diseño incluyó cuatro tratamientos, cada uno replicado cuatro veces, para garantizar la robustez estadística. Para el análisis de los datos, se utilizó el software Infostat, que facilitó la ejecución del análisis de varianza (ANOVA), asegurando que tanto las colmenas como los marcos de cera estampada cumplieran con los criterios de homogeneidad requeridos por el diseño. En caso de ser necesario, se llevó a cabo la implementación de prueba Tukey al nivel de significancia del 5%, para realizar comparaciones detalladas entre las medias de los grupos tratados. Esta metodología rigurosa permitió evaluar con precisión las diferencias potenciales en los resultados atribuibles a los tratamientos aplicados.

II. JUSTIFICACIÓN

Guatemala es un país enfocado principalmente a actividades agropecuarias y agroforestales. Dentro de estas actividades, la apicultura ha tomado un rol importante en todas las regiones del país, creando nuevos empleos y abriendo nuevos mercados tanto nacionales como internacionales. Esto ha dado lugar a la creación de centros de apicultores (Batres, 1998).

La cera es una pieza fundamental que utilizan las abejas *Apis mellifera L.* para la formación de la estructura de las colmenas. Es un líquido segregado a través del abdomen de las abejas melíferas jóvenes, que al secarse forman pequeñas escamas utilizadas en la fabricación de miel, polen como cuna para la cría.

Entre las herramientas más importantes en la apicultura se encuentran las láminas de cera de alta calidad, conocidas como cera estampada. La calidad de esta cera puede tener tanto efectos positivos como negativos; el uso de láminas de mala calidad afecta tanto a la salud de la abeja reina como a la ralentización de las abejas obreras. Por el contrario, el uso de láminas de buena calidad ayuda a prevenir enfermedades como la nosemosis (*Nosema apis Zander*), esporas que se mantienen latentes en las colmenas (Nicola Bradbear, 2005).

El objetivo principal de la investigación fue evaluar cuatro porcentajes de cera estampada y su impacto en la producción de miel en la región sur de Guatemala, teniendo en cuenta principalmente el costo de cada tratamiento, la diferenciación de tiempo en cuanto a la producción final y el volumen de miel producido por cada colmena.

El principal beneficio para las comunidades guatemaltecas es aportar a la tecnificación de los apicultores, generando nueva información acerca del uso de cera estampada y su aprovechamiento. Se investigó si realmente se genera una diferencia económica utilizando las láminas completas de cera estampada, si el volumen de miel depende de qué cantidad de cera estampada se use, o si se consigue un beneficio considerable utilizando porcentajes bajos.

III. OBJETIVOS

A. General

Evaluar cuatro porcentajes de cera estampada (25%, 50%, 75% y 100%) en la producción de miel de abeja *Apis mellifera* L. en la finca Chitalón, Mazatenango."

B. Específicos

Determinar los volúmenes de miel provenientes de colmenas con diferentes porcentajes de cera estampada.

Comparar el tiempo de producción de miel entre los distintos tratamientos.

Establecer un análisis económico de los distintos tratamientos evaluados.

IV. HIPÓTESIS

Ho. No existen diferencias significativas entre los tratamientos bajo estudio en cuanto los volúmenes producidos.

Ha. Al menos uno de los tratamientos bajo estudio es más eficiente, Produce un mayor volumen de miel en comparación con los demás.

V. MARCO TEÓRICO

A. Apicultura

La palabra apicultura proviene del latín *api* (abeja) y *cultura* (cultivo), actividad que era considerada de relleno, pero actualmente gracias a diversas investigaciones que le han dado importancia al tema, ha causado que muchas personas se dediquen a la apicultura como actividad principal, creando la posibilidad de que las personas dejen otras actividades de las que dependían económicamente. (Guanín, 2006, p 26).

La apicultura aporta una gran cantidad de beneficios al medio ambiente, polinización, intercambio de polen entre cultivos, y aporta productos tales como la miel, el polen, la jalea real, veneno utilizado en medicamentos naturales, y de lo que se trata esta investigación cera.

B. Apicultura en Guatemala

En Guatemala existe gran variedad de insectos como lo son las abejas, Según Schuter (2012) indica: Guatemala cuenta con 97 géneros de abejas y 356 especies que han sido estudiadas por varios autores. Los estudios realizados por este autor se centraron en analizar 3500 especímenes de abejas que fueron recolectadas y estudiadas.

En el área agrícola es común que la polinización se lleve a cabo por la abeja melífera (*Apis mellífera L*) debido a su alta capacidad de producir miel y almacenarla. Actualmente se han realizado varios estudios que reportan diversos apicultores de Santa Rosa, Chiquimula, Jutiapa, Alta Verapaz y Suchitepéquez (Castellanos, 2020, p 30).

C. Las abejas

Las abejas son un grupo de insectos de diferentes tamaños, que pertenecen a la clase de los Himenópteros. Su característica principal es que posee un par de alas membranosas, siendo el par de alas delantero mayor al posterior. Estos insectos mantienen sus crías en celdas estrechas, poseen un aguijón abdominal con el cual muchas especies pueden inyectar un veneno en el cuerpo de sus enemigos o víctimas. (Schuster, 2012, p 14).

Las abejas poseen una estructura interna organizada, con funciones repartidas y reguladas químicamente por una única reina y madre de toda la colonia. Todos los miembros de una colonia de abejas dependen de los otros y no pueden existir por separado (MACE, 1991, p. 31).

Una colonia se comporta como una unidad porque, en su interior se regula la temperatura, se controla la humedad, desarrolla un comportamiento higiénico que permite que la colonia mantenga su sanidad y los miembros de una colonia se diferencian de otras por su olor (feromonas).

En una colmena existen tres clases de individuos: La Reina, Las obreras, Los zánganos.

La reina o madre: Es la única hembra fecundada por lo que se convierte en el centro y vida de la familia. Si se muere, la colonia tendrá que crear otra o de lo contrario

desaparecerá. No toma parte del gobierno de la colonia y su función principal es poner huevecillos que aseguren la continuidad y supervivencia de la sociedad (Salas, 2000).

Las características sobresalientes de la reina son:

Las características sobresalientes de la reina incluyen un abdomen que supera la longitud de sus alas, siendo además la única hembra fecundada en la colmena. Representa el centro y la vida del enjambre, controlando la población mediante la liberación de feromonas reales. Es una creación exclusiva de las obreras, con una longevidad aproximada de 3 a 4 años. Aunque posee un aguijón, lo utiliza únicamente en enfrentamientos con otras reinas (Universidad de Córdoba, n.d.).

Las obreras: Son hembras que constituyen la casi totalidad de la población y cumplen diversas funciones en la colmena, pudiéndose encontrar hasta más de ochenta mil en una colonia en plena temporada. Son el elemento productor y directivo de la colmena. Se llaman así porque son las que realizan el trabajo: producen miel y cera, fabrican panales, colectan polen, limpian la colmena y mantienen el orden. Son infecundas y también son las más pequeñas del enjambre (Monteserín, 2004, p. 37).

Clases de obreras:

Nodrizas: Alimentan los hijos o larvas de la colmena, al principio con una sustancia glandular lechosa conocida como jalea real y más tarde con una mezcla de miel y polen.

Aseadoras: Limpian la colmena, sacan las larvas y abejas muertas, eliminan de la colmena cualquier objeto raro que en ella encuentren.

Ventiladoras: Ventilán la colmena para mantener estable la humedad, la temperatura interna de la colmena. Las crías para desarrollarse necesitan entre 34 y 36 °C y humedad de 65 a 75%.

Constructoras: Fabrican panales. La construcción de panales tiene dos etapas: Operculado a cargo de las obreras constructoras jóvenes y la construcción de panales a cargo de obreras más viejas. La cera de construcción de panales es producida por el cuerpo de las abejas.

Guardianas: Protegen la colmena. Es una etapa previa al pecoreo, su función es evitar la entrada de abejas de otras colmenas, insectos y otros animales ajenos a la colmena.

Pecoreadoras: Él pecoreo consiste en salir de la colmena a colectar polen, néctar, agua y propóleos. El polen y el propóleos lo acarrearán en una cestilla ubicada en las patas traseras y el néctar en su estómago.

Exploradoras: Buscan fuentes de alimento y nuevas casas, son las obreras más viejas de la colmena. Cuando encuentran alimento, agua o nueva morada, regresan a la colmena y avisan a sus semejantes por medio de danzas.

Zánganos o machos: Este carece de aguijón, defensa alguna y su única función es aparearse con las nuevas reinas (Encarta, 2002, p 13).

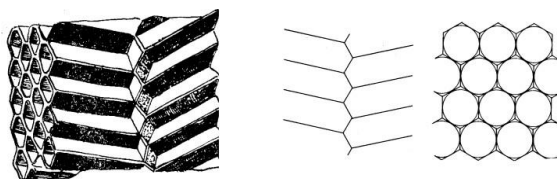
D. La colmena

La colmena se encuentra constituida por dos elementos, los cuales son: el nido y el enjambre.

1. El nido: Es el lugar que ocupan las abejas, es el área encargada de proporcionar alojamiento y abrigo, manteniendo un ambiente interno aislado del exterior, sirve como lugar de cría y almacén donde se acumulan los alimentos y reservas para el invierno. En su interior el nido está constituido por un conjunto de láminas verticales de cera paralelas llamadas “panales”, los panales mantienen una separación entre ellos constante e igual al grosor del paso de las abejas, de forma que las abejas puedan caminar por la superficie de estos sin estorbarse. La naturaleza aislante e impermeable de la cera con la que están fabricados contribuye al aislamiento térmico y de la humedad del nido, mientras que el conjunto de panales paralelos, por su disposición, divide al nido en cámaras de aire, que logran un aislamiento térmico del exterior, y permiten el mantenimiento de una temperatura constante en el centro (cámara de cría) de 33 a 34° C. (Quero, 2004, p 19).

También sirven para acumular los alimentos: néctar y polen para la alimentación de las larvas, o miel como reserva para el invierno. La estructura de los panales es compleja; están formados por una doble capa de celdillas opuestas, de forma de prisma hexagonal cuya base es una pirámide. Las aperturas de los prismas se abren a ambos lados de cada panal. Estos prismas están ligeramente inclinados, de forma que su contenido no se vierta cuando estén llenos de néctar. El perímetro hexagonal de las celdillas es el que permite la mayor ocupación de superficie del panal, con el menor gasto de material en la formación de las paredes y formación de estructura más robusta.

Ilustración 1. Estructura de un panal

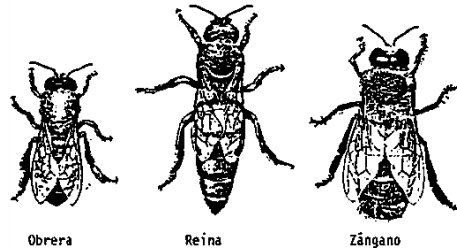


Fuente: (rural, 2015).

2. El enjambre: Es la población de abejas que constituyen una sociedad. Los componentes de esta sociedad están organizados cooperativamente en la obtención del bien común de la colonia. En una colonia de abejas nos vamos a poder encontrar con tres tipos de individuos morfológica y funcionalmente diferenciados que constituyen las castas: obreras, zánganos y reina. Una casta se puede definir como una “división que se encuentra en los insectos sociales, en la que los individuos están estructural y fisiológicamente especializados para realizar una función particular”. La casta trabajadora, está formada por las obreras que son las encargadas de las tareas de infraestructura y mantenimiento de la colmena. La casta reproductora está formada

por los machos (zánganos) y una hembra fértil (reina) que además de la función reproductora, interviene en la cohesión y organización de la colonia gracias a la secreción de feromonas, concretamente de la feromona real. (rural, 2015)

Ilustración 2. Jerarquía de abejas



Fuente: (Rural, 2015).

E. La cera

La cera de abejas es un producto obtenido de las colmenas, que se ha utilizado tradicionalmente: para fabricar velas, como recubrimiento impermeabilizante, como agente moldeable en joyería, tablillas de escritura, esculturas y similares; y como espesante y vehículo de administración de cosméticos y colores y de remedios grasos en la farmacopea tradicional, “ceratos”. Es un conjunto de sustancias formadas por ésteres de ácidos grasos de alto peso molecular y alcoholes elevados, la cera del comercio se puede clasificar en tres grupos: cera animal, cera mineral y cera vegetal. Sin embargo, cuando se habla de cera, se sobreentiende que se trata de la cera de abejas (Marroquín, 2008, p 27).

En 1851 se marcó el punto de declive de la apicultura fijista, cuando Langstroth construye sus primeras colmenas de panales móviles, y publica, en 1853, el primer libro de apicultura en Estados Unidos, que difunde su sistema. Este hecho genera, en todo el mundo, una gran cantidad de avances que posibilitan una apicultura cada vez más técnica, más profesional y económicamente más rentable. Uno de esos avances es el inicio de la producción de cera estampada por Mehring, en Alemania, en 1857. Lo que inicia el proceso de que la mayor parte de la producción de cera de abejas vuelva a ser consumida por el sector apícola, ahorrando a las abejas la construcción de panales nuevos cada año y, por consiguiente, aumentando la producción de miel.

F. Producción de cera por las abejas

La cera de abejas es un producto segregado por las abejas de entre 12 y 30 días de edad (puntualmente de otras edades en ausencia de estas), en forma de pequeñas escamas redondeadas, en 4 pares de glándulas que tienen en la parte inferior de los 4 últimos anillos del abdomen. El organismo de las abejas la “fabrica” a partir de los componentes de la miel, con la ayuda de determinadas sustancias del polen, que actúan como activadores del proceso. Las fases, de este proceso, simplificadas, son: las abejas comen miel, y en el intestino se absorben las moléculas de los azúcares (de 6 carbonos). De allí pasan al interior de su cuerpo,

donde son transformados en fragmentos pequeños (de 2 carbonos). Luego, en las glándulas cereras, se recombinan de diferente manera para formar por un lado los ácidos grasos y los hidrocarburos (de entre 14 y 41 carbonos), y por otro los ésteres y los alcoholes de la cera (de entre 28 y 54 carbonos). La mezcla de estos productos es lo que conocemos como cera de abejas.

De las glándulas abdominales de la abeja la cera sale, pues, la cera en escamas, que las abejas capturan con su tercer par de patas y llevan a la boca. Allí las moldean con las mandíbulas y pegan unas con otras, mediante un disolvente que segregan en sus glándulas mandibulares, para construir las paredes de las celdillas, que forman los panales.

Para segregar cera, las abejas necesitan llenarse de miel y provocar una activa circulación, tanto para llevar a las glándulas los elementos necesarios para su secreción, como para alcanzar una temperatura corporal de 33 a 40°C, que es lo indispensable para crear cera. La cera secretada por las glándulas es descargada por unos poros pequeños y acumulada bajo la forma de pequeñas escamas, en el saco situado arriba de las placas ventrales que rodean por abajo a segmento delantero. Estas laminillas blanquecinas y nacaradas las recogen con sus patas centrales para pasarlo a la boca, donde con las mandíbulas lo moldean y mezclan con saliva y algo de regurgitación estomacal, con todo lo cual, la cera adquiere sus condiciones químicas y físicas de elasticidad, adherencia y grado de fusión. PAJUELO, 2002, p. 2).

G. Producción de cera por intervención humana

1. Cera de opérculos: La cera de opérculos se presenta más o menos melada a la salida de la extracción de miel. Cuando está recién extraída se puede separar bien de la miel por centrifugación, cuando pasa el tiempo parte de la miel cristaliza sobre la superficie de los opérculos y la separación es más difícil. En este caso puede separarse más o menos mediante la aplicación de calor; pero se ha de procurar que no sea excesivo, para evitar la pérdida de aromas que la harán menos atractiva para su uso posterior con las abejas. A veces se lavan los opérculos con agua para arrastrar la miel, y el agua melada obtenida se deja fermentar para hacer vino o vinagre de miel o se cuece (hasta la reducción suficiente de volumen, con la consiguiente caramelización de los azúcares) para hacer arropo; al arropo suelen añadirse trozos de calabaza endurecida en cal.

La cera de opérculos es la más clara que hay en el mercado y la más apreciada por el apicultor, ya que no tiene tanto deterioro como la de panal en su conservación y procesado. Y, lo que es muy importante hoy día, no acumula residuos de los tratamientos efectuados a las colmenas con acaricidas contra varroa ni ningún otro agente. Sin embargo, es menos elástica que la de panal, y da láminas más quebradizas.

2. Cera de panal: lo que llamamos panal de cera tiene una composición compleja, que cuando se retira de la colmena puede ser alrededor del 50 % de cera y el resto de las impurezas (camisas, polen). El panal de cera puede deteriorarse con bastante

facilidad, tanto en el almacenamiento, como en los procesos de extracción y separación de la cera, se han de tener en cuenta las condiciones de conservación de las características propias del producto. El panal de cera puede enmohecerse, enranciarse y puede ser atacado por polillas, ratones. Para evitar estos problemas debe procesarse rápidamente, o conservarse en lugar adecuado con, a lo sumo, fumigación con vapores de azufre. Algunos problemas con las láminas vienen de que, para conservar los panales y evitar deterioros, se añaden sustancias contra la polilla (plaguicidas) que después actúan contra las abejas.

En el proceso de fundición, para recuperar la cera del panal, puede someterse a temperaturas excesivas, que deterioren sus componentes, dando una cera menos atractiva para las abejas. Si el prensado, filtración y decantación no son correctos el cerón puede llevar impurezas del panal: propóleos, restos de camisas, por ello es conveniente una buena decantación de la cera líquida sobre agua caliente, para que las impurezas bajen al agua y quede arriba la cera limpia.

3. Láminas de cera: Hay dos tipos de procesos de producción de láminas de cera estampada, en el automático se funden los cerones limpios y se deja caer un chorro de cera fundida sobre dos rodillos que llevan los hexágonos de las celdillas impresos. Los rodillos giran en direcciones contrarias, y están refrigerados por un chorro de agua jabonosa, que favorece el desprendimiento de la cera después. Se forma así un lienzo de cera estampada de grosor graduable (separando más o menos los rodillos) y que es arrastrada hacia una mesa de corte, en la que se colocan las cuchillas de manera que salgan láminas del tamaño prefijado. Este mecanismo de fabricación da láminas más rígidas, que se rompen fácilmente en frío.

En el procesado semiautomático la cera fundida forma primero un rodillo liso, que después se pasa a la máquina impresora de los hexágonos y a la mesa de corte. Esta cera es más flexible que la anterior, aguantando golpes sin romperse cuando hace frío.

En el proceso de fundición de la cera para hacer las láminas, o para la preparación de los cerones, pueden añadirse a las ceras de abejas diversos tipos de ceras artificiales (parafinas de alto punto de fusión, ceras microcristalinas). Esto es un peligro, ya que hay una acumulación de estas sustancias que pueden llegar, en algún momento, a hacer que las abejas rechacen la mezcla. Por ejemplo, si se puso en una colmena una lámina que pesaba 100 g. con un 6 % de parafina, la lámina ya estirada pesará unos 200 g. (las abejas no solo estiran, también añaden cera); y cuando el panal sea viejo pesará unos 400 g. (camisas, polen). Cuando se funda ese panal se recuperarán 200 g. de cera con un 3 % de parafina; si se añade un nuevo 6 % en el siguiente procesado el resultado será una partida de láminas con el 9 % de parafina; y así sucesivamente PAJUELO, 2002, p. 4)..

H. Propiedades de la cera

Propiedades físicas: La cera de abejas recién secretada es de color blanco, pero distintas sustancias contribuyen a su coloración, como las resinas de propóleos, gránulos de polen, también varía el color dependiendo de la fuente que fue extraída siendo amarillo claro si es de opérculos o más oscuro si es de panales viejos, el olor es agradable, parecido a la miel y un sabor leve (FAO, n.d.).

Propiedades químicas: la cera está compuesta en promedio de 16% de hidrocarburos, 31% de una cadena recta de alcoholes mono-hídricos, 3% de dioles, 31% de ácidos y 6% de otras sustancias (FAO, n.d.).

I. Cera estampada

La cera es un producto segregado de las glándulas abdominales de las abejas, este se produce en forma de escamas que las abejas obreras malaxan con sus mandíbulas para construir panales. Para la producción de este producto las abejas requieren poseer en la colmena una temperatura suficiente, obligando a las abejas a consumir miel en cantidades importantes. La cera es el material sustancial de la colmena ya que sirve para construir los panales en las cuales serán criadas las abejas jóvenes y donde se colocará la reserva de miel y polen (Mazariegos, 2010, p. 33).

J. Elaboración de cera estampada

Desde el año 1857 se han utilizado pruebas para la elaboración de cera, uno de los métodos más sencillos consiste en introducir en una caldera con cera fundida una tabla húmeda de las medidas internas del marco, luego se sumerge en agua fría, la cera se separa en forma de hoja, obteniendo dos láminas idénticas, con espesor variable dependiendo del número de veces que se sumerge la tabla en la caldera, esto varía desde uno a tres veces, éstas se pasan por una maquina estampadora con doble maza, en la que se proyectan las figuras de las celdas, (puede utilizarse un molde plano de dos piezas de metal que funcione a manera de una bisagra), también se puede pasar una lámina de cera por unos rodillos que trabajan parecido a una calandria.

Para la fabricación de cera estampada a gran escala, las marquetas de cera son llevadas a estado pastoso en baño de agua caliente y luego se laminan en una máquina llamada Weed (en honor a su inventor) formando rollos de láminas de cera, luego son estampados pasando uno o dos rollos simultáneamente por la máquina estampadora de rodillos. Al apicultor le conviene más remitir la cera virgen a un lugar responsable que le devolverá un 50 a 60% de la cera convertida en fundación de panal bien terminada, que intentar fabricarla con maquinaria pesada.

En Guatemala, un apicultor tecnificado cambia su cera en bruto por cera estampada, dejando un 20% al estampador como pago, indica que en cada kilogramo de cera estampada se obtienen 13 láminas de grosor medio del formato Langstroth (colmena moderna) (Prost, 1981).

K. Usos de la cera estampada

Uno de los principales usos de cera en Guatemala lo constituye la elaboración de cera estampada en colmenas, donde el apicultor cambia la cera en bruto por la cera estampada, la industria farmacéutica es la segunda consumidora de cera, utilizándola para la fabricación de cosméticos, ingrediente de ciertos ungüentos, revestimiento de píldoras y en procesos de manufacturación (INTECAP, 2018, p. 6).

En Europa y América, la industria de cosméticos es la mayor consumidora, utilizándola en fórmulas de cremas, ungüentos, lociones, pomadas, lápices labiales, revestimiento de píldoras, etc. (La colmena, 2015, p. 9).

L. Productos de las abejas

La apicultura puede generar grandes productos con muchos beneficios de alto valor alimenticio y medicinal, se sabe que su principal producto es la miel, pero pueden obtenerse muchos otros como lo son el polen, la jalea real, la cera, y el propóleo todos ellos con mucho valor alimenticio, además de estos productos las colmenas se pueden comercializar multiplicando la cantidad de abejas y creando nuevas reinas. (Salas, 2005, p. 25)

Antiguas culturas griegas, romanas, hebreas, musulmanas aprovechaban las propiedades medicinales y alimenticias que ofrece la miel, se cultivaban abejas meliponas, y la miel era utilizada también en tribus primitivas en el sur y en el centro del continente. (Bogdanov, 2011)

M. Miel de abeja

Considerada una fuente de energía de las abejas, es generada tras un elaborado proceso que da inicio recolectando néctar de las flores, luego al formar la miel a partir del néctar se generan agentes biológicos denominados invertasa, son enzima formada por las glándulas de las abejas que funciona como catalítico transformando la sacarosa en hidrolizados. (Ana, 2014, p. 11)

N. Importancia de la producción de miel

La producción de miel es sumamente importante en la seguridad alimentaria y nutricional, aporta económicamente a muchas familias que se dedican a la producción apícola mejorando su situación económica y disminuyendo los índices de desnutrición (Bogdanov, 2016, p. 6)

La miel de abejas al ser un alimento debe ser inocuo por lo que su producción se debe realizar siguiendo principios básicos de higiene. La producción de miel comienza con la sustancia natural que es producida por abejas a partir del néctar de las plantas o de sus secreciones este proceso consiste en una recolección y transformación combinando sustancias que se depositan, deshidratan y almacenan para que se pueda madurar y añejar. Todo esto sucede en el panal de las abejas en este caso dentro de las alzas con Cera (López, 2008, p. 30).

La producción de miel depende de muchos factores incluyendo las condiciones climáticas el tipo de floración que existe cerca del apiario (González, 2014, p. 11).

O. Características organolépticas

La principal característica organoléptica de la miel es el color, que va desde un tono casi incoloro, hasta un color ámbar oscuro, esta característica se puede medir con un colorímetro óptico o digital.

Tabla 1. Colores de la miel

Color	mm
Blanco agua	0 a 8
Extra blanco	8 a 16
Blanco agua	16 a 34
Ámbar extra ligero	35 a 50
Ámbar ligero	51 a 84
Ámbar	85 a 114
Oscuro	115 a 140

Fuente: (López, 2017)

La segunda característica. es el sabor que debe de ser un sabor floral. La tercera es el olor similar al sabor debe de ser floral y por último la consistencia que debe de ser fluida, viscosa o cristalizada (López, 2017, p 46).

P. Tipos de colmenas

1. Colmenas rústicas: su principal característica es que las abejas construyen el panal estacionario de cera según sus propios criterios el principal problema con estas colmenas es que el panal se pega a las paredes y al techo por lo que la colonia no se puede desensamblar para inspeccionarla esto impide saber la condición sanitaria en la que se encuentran. (Gobernación de Amazonas, 2011, p. 28).

Ilustración 3 Tipos de colmenas



Fuente: (Apicultores de Costa Rica, 2019).

2. Colmena moderna: esta nació de las limitantes de las colmenas rústicas, de la necesidad de poder inspeccionar la colmena y supervisar su estado es una de las más eficientes es completamente desmontable de ahí nace la cera estampada y el extractor de miel centrífugo. (Gobernación de Amazonas, 2011, p. 7).

Ilustración 4 Colmena moderna



Fuente: (Apicultores de Costa Rica, 2019).

3. Colmenas de tipo Langstroth: es la más utilizada en Estados Unidos similar a la colmena moderna con la limitante de que las alzas se llenan de miel y se vuelven muy pesadas lo que vuelve el trabajo de cosecha muy pesado. (Gobernación de Amazonas, 2011, p. 7).

Ilustración 5 Colmena tipo langstroth



Fuente: (Promodel, 2021).

VI. METODOLOGÍA

A. Localización del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el apiario ubicado en finca agrícola Chitalón. La finca es una institución privada lucrativa, tipificada como Sociedad Anónima,

Dicha finca está localizada al noroeste del municipio de Mazatenango, Suchitepéquez, colinda al Norte con finca Providencia, al Oeste con finca Utatlán, finca Camelia; el anexo Argelia, al Oeste con finca Camelias y Labor Cabañas, al sur con Cantón Aceituno, al Oeste con cantón Guachipilín y finca San Esteban al Este con finca Gengibril, COEX, CUNSUROC y colonia “El Ingeniero”, al Sur con finca Villa Coralia y finca Florencia.

El principal cultivo de producción de dicha finca es el cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*), en la actualidad esta finca genera fuentes de trabajo, venta de leña, productos de la renovación del hule, producción de café, tilapia y miel.

Ilustración 6. Mapa de ubicación



B. Información del apiario

En la finca existen un total de 350 colmenas de la especie *Apis mellifera L.* Las colmenas están divididas en dos sitios: la primera con 150 colmenas en la parte superior cerca de la casa patronal, y el otro espacio dentro de la finca con 200 colmenas ubicada en la parte inferior denominada como “maquinas”, esto debido al espacio necesario para una adecuada distribución y para el manejo de las abejas.

Cada colmena está diseñada para optimizar tanto el cuidado de las abejas como la producción de miel. La altura desde la base hasta la entrada de cada colmena es de 40 cm, lo que asegura una distancia apropiada del suelo para proteger contra parásitos y facilitar el acceso de las abejas. Las dimensiones de las cajas alcanzan una altura de 24 cm y un ancho de 32 cm, lo que proporciona un espacio adecuado para el desarrollo de la colmena y garantiza una buena circulación de aire dentro de la estructura.

Todas las colmenas han sido construidas utilizando madera de palo blanco, un material seleccionado por su durabilidad y resistencia a las condiciones climáticas locales, garantizando así la longevidad de las colmenas y un entorno saludable para las abejas.

C. Clima

Según Holdridge, citado por Estrada (2010), la finca pertenece a la zona de vida Bosque muy húmedo Sub – Tropical cálido. La temperatura máxima reportada es de 32°C, la media de 27°C y la mínima de 22°C; la dirección del viento generalmente del Norte a sur con una velocidad de 15km/h; posee suelos franco- arcillosos con pendiente del 1 – 3%. (Ramírez, 2017, p. 9).

La finca Chitalón pertenece a la cuenca Sislican, la precipitación media anual de la finca es de 4.170mm. Entre las fuentes fluviales que abastecen a la finca Chitalón se encuentran: del casco de la finca hacia el este pasa el río Chita; al oeste están los ríos Negro y Coches; en la sección Argelia al oeste el río Camela (Ramírez, 2017, p. 9).

D. Duración de la investigación

La investigación se llevó a cabo en el periodo comprendido entre noviembre del 2023 a enero del 2024 durante este intervalo temporal específico se implementaron meticulosamente todas las fases del estudio con el objetivo de obtener datos representativos. Este marco temporal fue seleccionado estratégicamente considerando las condiciones estacionales y factores ambientales que podrían influir en los resultados de la investigación.

Tabla 2. Descripción de los tratamientos de cera estampada

Tratamientos	Porcentaje de cera estampada
T1	25%
T2	50%
T3	75%
T4	100%

El cuadro muestra los cuatro tratamientos que se trabajaron y los porcentajes de cera estampada que se utilizaron por cada colmena, en total se utilizaron 4 tratamientos y 4 repeticiones por tratamiento según la fórmula establecida dando un total de 16 cajas de abejas el testigo relativo es el tratamiento con el 100% de cera estampada debido a que en la apicultura se utiliza completamente la lámina de cera estampada.

Tabla 3. Cálculo de número de repeticiones

$GLE = t*(r-1)$
$trt = 4$
$GLE = 12$
$12 = 4 (r-1)$
$12 = 4r-4$
$12+4 = 4r$
$16/4 = r$
$r = 4$

E. Variables

1. **Volumen de miel:** La miel producida en cada tratamiento fue medida inicialmente en mililitros utilizando recipientes graduados. Posteriormente, para obtener datos más precisos, se convirtió a kilogramos utilizando la densidad promedio de la miel (1.42 g/ml). En cada tratamiento se utilizaron seis marcos con áreas de cera estampada según el porcentaje asignado: 2,040 cm² para el 25 %, 4,080 cm² para el 50 %, 6,120 cm² para el 75 % y 8,160 cm² para el 100 %. Al finalizar el periodo de evaluación, se calculó el promedio de miel producida por tratamiento, lo que permitió identificar cuál había sido el más eficiente en la producción.
2. **Tiempo:** Se registró el tiempo requerido para la producción y el sellado total de los marcos con cera estampada al término del proceso productivo, lo que permitió determinar qué tratamiento fue el más rápido.
3. **Análisis económico:** Se realizó un análisis económico individual para cada tratamiento durante el tiempo de producción, incluyendo la comparación con el método tradicional. Dicho análisis consistió en cuantificar los costos de producción asociados a los distintos porcentajes de cera estampada. Esta evaluación se llevó a cabo mediante un análisis costo/beneficio, el cual se obtuvo a partir de la relación entre el costo de la cera y el volumen de miel producido. Para ello, se trabajó con el apoyo de Microsoft Excel, elaborando presupuestos, flujos de caja para cada tratamiento, y calculando el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de rentabilidad (TIR). El análisis económico se completó con la estimación de los costos de producción y los ingresos generados por la venta de miel en el mercado local.

F. Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar, ya que este tipo de diseño se emplea cuando las unidades experimentales son homogéneas. En este caso, los cuatro tratamientos presentaban las mismas dimensiones y estaban establecidos en el mismo lugar, lo cual

indicaba que estaban expuestos a la misma flora y condiciones climáticas. El diseño contempló cuatro tratamientos con cuatro repeticiones cada uno.

Se realizó el análisis de varianza utilizando el software Infostat, de acuerdo con el diseño experimental establecido. Las cajas y los marcos de cera estampada fueron seleccionados de forma que cumplieran con el criterio de homogeneidad. En caso de ser necesario, se aplicaron pruebas de comparación de medias mediante el test de Tukey al 5 % de significancia

G. Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij} \quad \left\{ \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, t \\ j = 1, 2, \dots, r \end{array} \right.$$

Donde:

Y_{ij} = variable de producción de miel de la ij –ésima unidad experimental

μ = Media general de volumen de miel la variable de respuesta

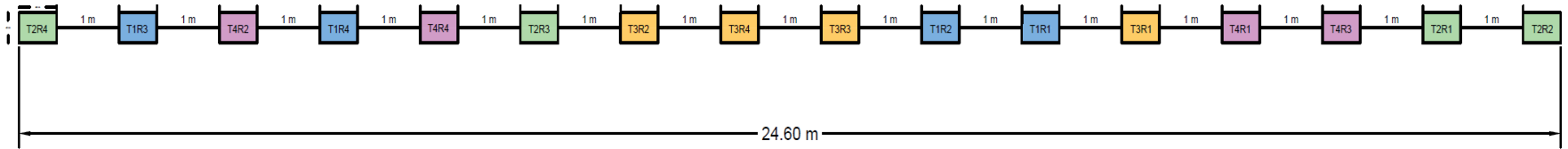
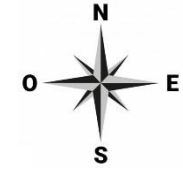
τ_i = Efecto del i –ésimo de los porcentajes de cera estampada tratamiento (nivel de factor) en la variable dependiente

ϵ_{ij} = Error experimental asociado a la ij –ésima unidad experimental

Por cada tratamiento se utilizaron 6 marcos de cera estampada

H. Croquis y aleatorización de las colmenas

Ilustración 7. Croquis y aleatorización de las colmenas



T1 = Colmena con 25% cera estampada	
T2 = Colmena con 50% cera estampada	
T3 = Colmena con 75% cera estampada	
T4 = Colmena con 100% cera estampada	

El diseño del apiario fue organizado en un arreglo lineal, optimizado para las condiciones topográficas del terreno. Se mantuvo un espaciamiento uniforme de un metro entre cada colmena, emulando la distribución existente en la propiedad. En cuanto a la estructura, cada colmena estuvo compuesta por dos superestructuras o alzas. El alza inferior albergó diez cuadros con láminas de cera estampada, destinados principalmente a la actividad reproductiva y al desarrollo de las crías. Por su parte, el alza superior estuvo equipada con seis cuadros con láminas de cera estampada, seleccionados específicamente para la producción de miel en el contexto de esta investigación.

La altura de cada colmena desde la base hasta la entrada fue de 40 cm, lo que aseguró una distancia adecuada del suelo para proteger contra parásitos y facilitar el acceso de las abejas. Las dimensiones de cada caja alcanzaron una altura de 24 cm y un ancho de 32 cm, proporcionando un espacio óptimo para el desarrollo de la colmena y la circulación del aire. La construcción de todas las cajas fue realizada con madera de palo blanco, seleccionada por sus propiedades de durabilidad y resistencia a las condiciones ambientales.

Tabla 4 Ilustración de los experimentos

Promedio en lb	Masa en kg	Volumen en L
16	7.26	5.11
11	4.99	3.51
12	5.44	3.83
9	4.08	2.87
19	8.62	6.07
5	2.27	1.6
9	4.08	2.87
11	4.99	3.51
21	9.53	6.71
7	3.18	2.24
14	6.35	4.47
7	3.18	2.24
25	11.34	7.99
10	4.54	3.19
16	7.26	5.11
21	9.53	6.71

En la investigación se planteó como objetivo específico la evaluación del volumen de miel producido. Sin embargo, durante el proceso de recolección de datos, las mediciones se realizaron en unidades de masa (libras), debido a que este método resultó más accesible y fue el comúnmente utilizado a nivel local. Por lo tanto, para dar cumplimiento al objetivo establecido, fue necesario convertir los valores de masa (lb) a volumen (litros).

Para dicha conversión se empleó la densidad promedio de la miel, estimada en 1.42 kg/L (FAO, 2009), lo que indica que un litro de miel pesa aproximadamente 1.42 kilogramos. En consecuencia, los datos registrados en libras fueron convertidos a kilogramos utilizando la equivalencia: 1 lb = 0.4536 kg.

1. $\text{masa en kg} = \text{masa en lb} \times 0.453592$

2. $L = \frac{kg}{1.42}$

I. Listado de materiales

Tabla 5 Listado de materiales

Cantidad:	Materiales:
Colmenas:	
16	Cajas o cuerpos de colmena.
96	Marcos de colmena con láminas de cera estampada.
16	Techo de la colmena.
16	Base de la colmena.
Equipamiento de protección:	
2	Traje de apicultor.
2	Guantes de apicultor.
2	Botas o calzado cerrado.
Utensilios de manejo:	
1	Ahumador de abejas.
1	Espátula de colmena.
1	Cuchillo de colmena.
Material de identificación:	
16	Etiquetas para identificar colmenas.
1	Marcador color negro
Materiales de producción de miel:	
1	Extractor de miel.
10	Filtros y tamices.
14	Cubetas

J. Manejo experimental

Preparación del diseño

El diseño experimental se realizó utilizando 16 cajas distribuidas en una columna. Las cajas fueron del tipo Langstroth, con dimensiones de 24 cm de alto, 51.5 cm de largo y 43 cm de ancho.

Cada caja contaba con doble alza, conformando un total de 16 marcos por colmena: la primera alza, destinada a la cría, contenía 10 marcos; mientras que la segunda alza, dedicada a la producción de miel, incluía 6 marcos, los cuales correspondieron a los tratamientos evaluados en el estudio.

El manejo adecuado y eficiente del apiario facilitó la realización simultánea del muestreo en todas las colmenas, lo que garantizó que la salud de las poblaciones de abejas se mantuviera en condiciones óptimas. La colocación de cera estampada en las colmenas se efectuó el 12 de diciembre de 2023, con el objetivo de iniciar la recolección de miel a mediados de enero de 2024. Este procedimiento fue aplicado de manera uniforme en todos los tratamientos, con el fin de asegurar la comparabilidad de los datos obtenidos.

Ilustración 8. Colocación de la cera estampada en los marcos con acompañamiento de Celso, encargado de los apiarios en la finca.



Ilustración 9. Colocación de cera derretida para la sujeción de los marcos de cera estampada



El propósito de este procedimiento fue evaluar el impacto de los diferentes tratamientos en el tiempo de producción y en los volúmenes de miel obtenidos, utilizando distintos porcentajes de cera estampada. Se estableció previamente el 20 de enero de 2024 como fecha de cosecha para todas las colmenas. Este criterio uniforme de cosecha garantizó que ningún tratamiento recibiera ventajas temporales que pudieran influir en la producción de miel, lo que permitió obtener resultados comparativos equitativos entre todos los tratamientos evaluados.

Para la implementación de la cera estampada en las colmenas, se procedió inicialmente con la fundición de la cera en la sección superior de cada marco, asegurando una adecuada integración. Los marcos fueron preparados con dimensiones de cera estampada de 17 cm de alto por 40 cm de ancho. En el tratamiento con el 75 % de cera estampada, las dimensiones se ajustaron a una altura

de 12.75 cm; en el tratamiento al 50 %, la altura se estandarizó a 8.5 cm; mientras que para el tratamiento al 25 %, se utilizó una altura de 4.25 cm.

La colocación de los marcos se realizó siguiendo protocolos estandarizados de manejo apícola, los cuales incluyeron la selección de marcos en óptimas condiciones, adecuados a la configuración previamente preparada en cada colmena, con el fin de prevenir incompatibilidades o deterioros. La fijación de los marcos se efectuó en el centro, asegurando su estabilidad para facilitar la integración sin causar trastornos significativos a la colonia de abejas.

Tras la instalación, se programaron inspecciones de seguimiento con el objetivo de monitorear y verificar que las colmenas utilizaran los marcos de manera eficiente y conforme a las expectativas de cada tratamiento. Este procedimiento meticuloso permitió una adaptación efectiva de las abejas al nuevo marco y promovió el funcionamiento óptimo de las colmenas.

Alimentación de las colmenas

La alimentación fue completamente natural, sin el uso de suplementación artificial, debido a que el estudio se desarrolló durante la época de floración del café. Además, en la finca, durante los meses de hibernación de las abejas, se utilizaba tradicionalmente una mezcla de azúcar morena con agua, administrada en bolsas plásticas como suplemento alimenticio. La ubicación geográfica también favoreció las condiciones del apiario, ya que existía un río a menos de cinco metros, lo que garantizó una fuente constante de hidratación para las colonias. Recolección de datos

Los datos fueron recopilados a medida que las colmenas producían miel durante el periodo de floración, el cual abarcó desde finales de diciembre de 2023 hasta principios de enero de 2024. Se llevaron a cabo monitoreos semanales con el propósito de observar y registrar el progreso de cada colmena.

Para esta recolección de datos se utilizaron instrumentos como reglas y cintas métricas, cubetas, balanza mecánica, sarán.

Tabla 6. Cronograma de actividades

Descripción	Fecha
Preparación y medición de la cera estampada	- 24 de noviembre de 2023
Colocación de la cera estampada en los marcos	- 1 de diciembre de 2023
Colocación de los marcos de cera estampada en todos los tratamientos	- 12 de diciembre de 2023
Revisión del estado y avance de todos los tratamientos	<ul style="list-style-type: none"> - 15 de diciembre de 2023 - 22 de diciembre de 2023 - 29 de diciembre de 2023 - 5 de enero de 2024 - 12 de enero de 2024
Preparación del equipo de cosecha	- 19 de enero de 2024
Cosecha y recolección de datos de todos los tratamientos	- 20 de enero de 2024

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

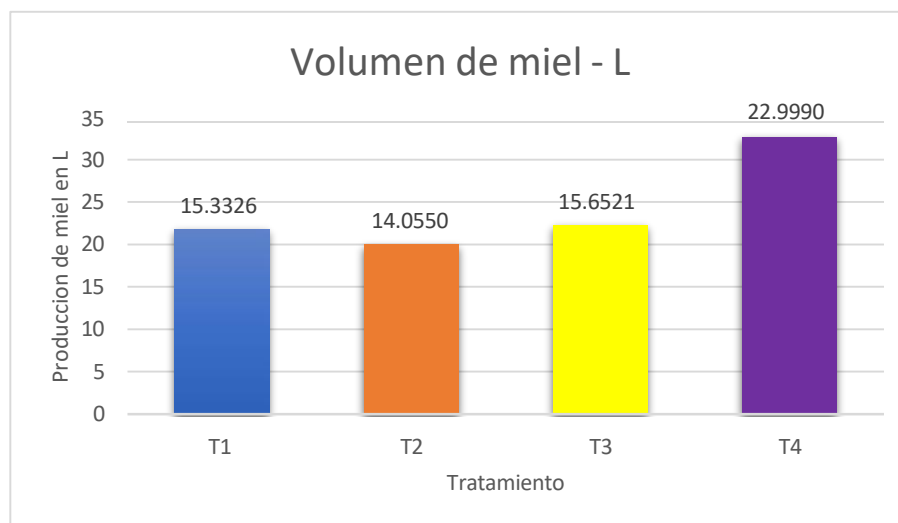
Para medir las variables del estudio, se utilizaron herramientas específicas según la naturaleza de cada una. Por ejemplo, la cantidad de miel fue medida utilizando balanzas adecuadas, con el fin de asegurar resultados precisos. Es importante señalar que el análisis de varianza no se empleó para medir directamente las variables, sino para analizar y evaluar la relación estadística entre ellas. Este análisis fue realizado mediante el uso del software Infostat.

Por otro lado, el análisis económico fue organizado en hojas de cálculo de Excel para cada tratamiento, lo que permitió llevar un control detallado y sistemático de los costos y beneficios asociados al manejo de las colmenas. Esta organización facilitó el seguimiento eficiente de los resultados económicos del estudio.

A. Volúmenes

En la Ilustración 7 el volumen de miel se observa que el tratamiento 4 el cual es el testigo relativo (100% de cera estampada) tiene un volumen promedio de 7.98 litros de miel superior al de los demás tratamientos. Esta diferencia se debe a que al ser laminas completas de cera estampada las abejas concentran sus esfuerzos en la recolección y producción de miel, además al tener la cera estampada con las celdas del tamaño estándar se evita la sobre producción de zánganos. Los tratamientos del 1 al 3 muestran resultados muy similares en cuanto a la producción de miel en kilogramos.

Ilustración 10. Producción de miel en Litros.



En la Ilustración 7 ubicada en la parte superior, se observó que el tratamiento 4, correspondiente al testigo relativo con el 100 % de cera estampada, fue el que recolectó el mayor volumen de miel en comparación con los demás tratamientos, en los cuales se utilizó una menor proporción de cera estampada.

La adopción del 100 % de cera estampada contribuyó significativamente a mejorar la eficiencia de las abejas en la construcción de la colmena. Esta metodología ofreció una base preformada con celdas hexagonales, lo que redujo el tiempo y el esfuerzo que las abejas habrían destinado a construir las celdas desde cero. Al proporcionarles esta estructura inicial, las abejas operaron en condiciones más favorables que en los tratamientos con 25 %, 50 % y 75 %, permitiéndoles enfocar sus energías en actividades productivas como la recolección de néctar y polen. Esto, a su vez, pudo haber influido en un mayor rendimiento de miel.

Por lo tanto, el uso de cera estampada representó no solo una inversión en la infraestructura de la colmena, sino también una estrategia para potenciar la eficiencia y productividad apícola. El tratamiento 4 presentó indicadores positivos adicionales, tales como un mejor control en la población de zánganos, mayor eficiencia en la construcción de panales y ahorro energético.

Cabe destacar que, según Redacción (2022), para producir un kilogramo de cera, las abejas deben consumir entre 4 y 12 kilogramos de miel; por lo tanto, el uso de cera estampada puede traducirse en un mayor rendimiento neto de miel al reducir dicho gasto energético.

B. Análisis de la varianza

Tabla 6. Cuadro de análisis de la varianza para los volúmenes de miel en kilogramos de cera estampada.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Litros / colmena	16	0.24	0.04	42.86

Fuentes de variación	Grados de libertad	Sumatoria de cuadrados	cuadrado medio	F	P - valor
Tratamiento	24.83	3	8.28	1.24	0.3398
Error	80.4	12	6.7		
Total	105.23	15			

En la Tabla 6, el análisis de varianza mostró que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, lo que confirmó la hipótesis de que los diferentes porcentajes de cera estampada no influyeron de manera significativa en la producción de miel. Por lo tanto, no se rechazó la hipótesis nula.

No obstante, el coeficiente de variación (CV) fue elevado, con un valor de 42.86 %, lo cual reflejó una alta variabilidad en los datos. Esta variabilidad podría atribuirse a factores no controlables, como el comportamiento natural de las abejas, las condiciones climáticas y la disponibilidad de recursos florales.

Además, el tamaño de muestra reducido y el bajo coeficiente de determinación ($R^2 = 0.24$) indicaron que una proporción considerable de la variación observada no estuvo asociada a los tratamientos, lo que también pudo haber contribuido al alto valor del CV.

Test: Tukey Alfa- 0.05 DMS= 4.88 L

Error: 6.6988 gl: 12

Tabla 7. Prueba Tukey para volumen de miel recolectada de cera estampada en finca Chitalon

Tratamiento	Volumen (L)	n	E.E.
T2	3.51	4	A
T1	3.83	4	A
T3	3.92	4	A
T4	5.76	4	A

La Tabla 7 presentó los resultados de la prueba de Tukey, correspondiente al análisis estadístico aplicado a los datos del volumen de miel cosechada en función de los diferentes porcentajes de cera estampada. Este análisis se ejecutó con un nivel de confianza del 95 %.

Los tratamientos evaluados mostraron las siguientes medias de producción de miel: T2 (3.51 L), T1 (3.83 L), T3 (3.92 L) y T4 (5.76 L). De ellos, el tratamiento T4 registró la media más alta, lo que sugirió que podría ser más efectivo en términos de rendimiento de miel.

Sin embargo, la diferencia mínima significativa (DMS) calculada fue de 5.43348, y ninguno de los tratamientos superó este umbral. Por lo tanto, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos comparados.

C. Tiempo de producción de miel.

La producción de miel mediante el uso de cera estampada y el método tradicional difirió significativamente en términos de tiempo. En el caso de los tratamientos con cera estampada, el tiempo de producción fue considerablemente menor en comparación con el método tradicional.

Esta diferencia se debió a que la cera estampada proporcionó a las abejas una estructura prefabricada sobre la cual pudieron iniciar de inmediato el almacenamiento de miel. Esto aceleró el proceso de llenado de las celdas y permitió una extracción más temprana del producto.

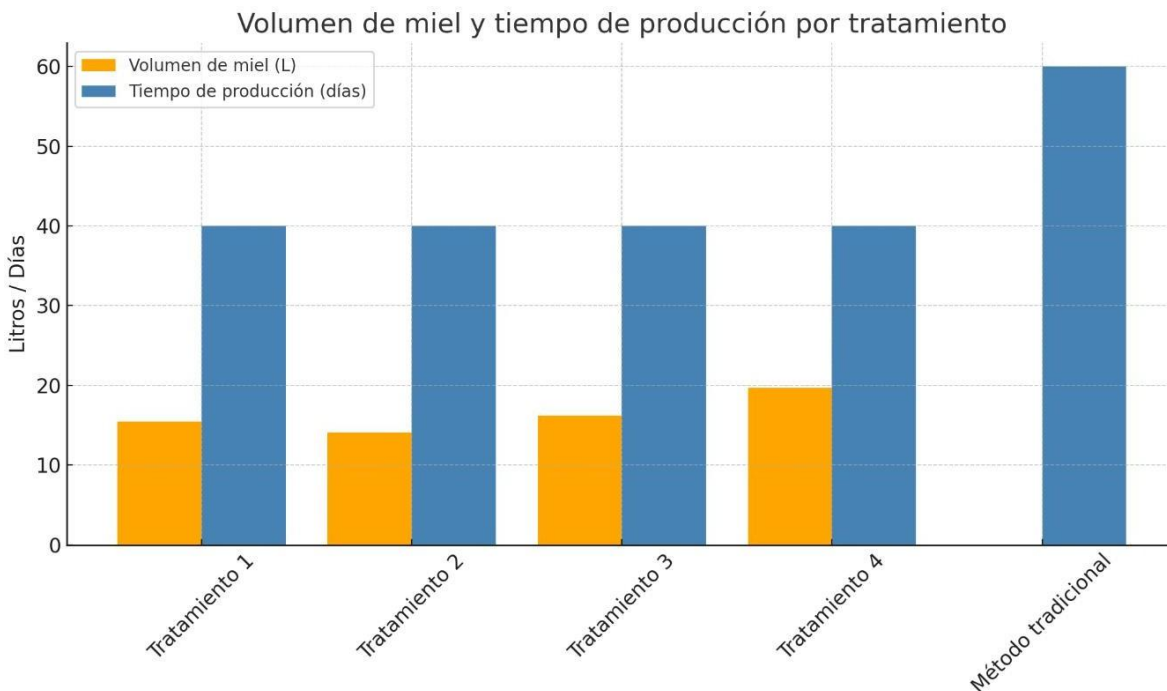
En contraste, el método tradicional requirió que las abejas construyeran los panales desde cero, utilizando cera natural producida por ellas mismas. Este proceso implicó más tiempo, ya que las abejas debieron recolectar néctar, secretar cera y construir la estructura antes de comenzar el almacenamiento de miel, lo que extendió considerablemente el ciclo productivo.

El 12 de diciembre de 2023 se incorporó la cera estampada en los marcos del apiario Chitalón. Los registros de monitoreo realizados durante esa misma semana evidenciaron una

actividad inmediata por parte de las abejas, centrada en la construcción y llenado de los marcos provistos con cera estampada. Esta rapidez en la adopción del material permitió fijar la fecha de cosecha para el 20 de enero de 2024, lo que representó un lapso productivo de 40 días en todos los tratamientos.

En cambio, cuando se aplicaron métodos tradicionales, se observó un incremento significativo en la duración del ciclo de recolección de miel. Las observaciones sistemáticas del apicultor responsable indicaron que este enfoque tradicional podría extender el período de cosecha, en promedio, entre 20 y 25 días adicionales, alcanzando así un total estimado de entre seis y ocho semanas desde la implementación de la cera hasta la cosecha final.

Ilustración 11. Gráfica de tiempos de producción



D. Análisis económico

Con los volúmenes obtenidos en cada uno de los tratamientos con distintos porcentajes de cera estampada, se procedió a realizar el análisis económico correspondiente. Para ello, se elaboró un presupuesto individual para cada tratamiento. Las variaciones en los costos de inversión estuvieron asociadas principalmente a las diferentes cantidades de cera estampada utilizadas y a los requerimientos de mano de obra. El resto de los costos permaneció constante entre los tratamientos evaluados.

La estructura del presupuesto se presentó en la Tabla 7, bajo el supuesto de que la producción de miel se realizaría una vez al año. Por lo tanto, los presupuestos utilizados en el análisis económico correspondieron al total proyectado por año.

Los flujos de caja elaborados para cada tratamiento se encuentran en los anexos, en las tablas 12 a 15. En estos se estableció un precio de venta de Q45.00 por botella de 750 ml de miel, basado en el precio habitual manejado en la finca Chitalón. Para determinar la relación costo/beneficio, se efectuó un flujo de caja proyectado a cinco años, aplicando una tasa de actualización del 12 %.

Los resultados del análisis de la relación costo/beneficio para cada tratamiento se muestran en las tablas 12 a 15, ubicadas en la sección de anexos (pp. 35 y 36).

Tabla 6. Resumen relación costo beneficio.

Tratamiento 1 (25% cera estampada):	Tratamiento 2 (50% cera estampada):	Tratamiento 3 (75% cera estampada):	Tratamiento 4 (100% cera estampada):
Ingresos totales Q 16,335.00	Ingresos totales: Q 15,210.00	Ingresos totales: Q 16,875.00	Ingresos totales: Q 18,585.00
Costo Total de producción: Q 15,662.91	Costo total de producción: Q 15,693.82	Costo total de producción: Q 15,724.73	Costo total de producción: Q 15,738.78
Ganancia neta: Q 672.09	Ganancia neta: -Q 483.82 (Pérdida)	Ganancia neta: Q 1,150.27	Ganancia neta: Q 2,846.22
Genera una pequeña ganancia de Q 672.09, lo que indica que es rentable, aunque no tanto como los tratamientos con mayor porcentaje de cera estampada.	Es el único que resulta en una pérdida de Q 483.82, lo que sugiere que este porcentaje de cera estampada no es eficiente desde el punto de vista económico.	Sigue con una ganancia neta de Q 1,150.27, siendo también una opción rentable, pero con una ganancia significativamente menor que la del Tratamiento 4.	Muestra el mayor ingreso total y ganancia neta, con Q 2,846.22, lo que lo convierte en la opción más rentable.
El Tratamiento 4 (100% cera estampada) es el más eficiente y rentable, seguido por el Tratamiento 3 (75% cera estampada). Los tratamientos con menor porcentaje de cera estampada (Tratamiento 1 y 2) muestran una rentabilidad significativamente menor, siendo el Tratamiento 2 el único con pérdidas. Por lo tanto, si se busca maximizar los ingresos, el Tratamiento 4 es la mejor opción.			

El Tratamiento 2 presenta un desbalance entre el esfuerzo de las abejas y los recursos proporcionados, lo que limita la producción de miel. Además, los costos asociados al uso del 50% de cera estampada no se justifican con los ingresos generados, haciendo que este tratamiento sea menos eficiente económicamente. Este resultado refuerza la importancia de optimizar las condiciones para las abejas, como en el Tratamiento 4, donde el 100% de cera estampada permite maximizar la productividad y rentabilidad.

VIII. CONCLUSIONES

- a. El tratamiento 4, que consistió en el uso del 100% de cera estampada, demostró ser más efectivo en la recolección de miel en comparación con los otros tratamientos que recibieron una menor cantidad de cera estampada. Esto sugiere que la cantidad de cera estampada utilizada influye significativamente en la producción de miel.
- b. La adopción de cera estampada en el apiario de la finca Chitalón ha evidenciado ser una estrategia altamente efectiva para la optimización del tiempo, asociado al ciclo de producción de miel. Mediante la implementación de esta técnica, se logró una significativa reducción en la duración del ciclo productivo, el cual se acortó a 40 días desde la instalación hasta la cosecha. Esto representa una mejora notable en comparación con el método tradicional, que generalmente extiende el período de producción a un intervalo de entre 60 y 90 días.
- c. Dada la significativa cantidad de unidades operativas ya establecidas, se ha observado que todos los tratamientos evaluados presentan una relación costo-beneficio que varía entre Q2.26 y Q4.34. Notablemente, el tratamiento número 4 ha demostrado ser el más rentable, con un Valor Actual Neto (VAN) de Q12,487.73 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 125%. genera una rentabilidad anual del **125%** sobre la inversión inicial. Es decir, por cada unidad monetaria invertida, el retorno esperado es 1.25 veces la inversión, además de recuperar el capital inicial.

IX. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la adopción del uso exclusivo de cera estampada en todas las colmenas del apiario, dado que esta práctica ha demostrado ser sustancialmente más eficiente en la optimización de la producción de miel. La implementación de cera estampada al 100% facilita a las abejas el inicio inmediato del almacenamiento de miel, reduciendo significativamente los tiempos de construcción de los panales y aumentando la eficacia en la recolección de la miel.
2. Se recomienda establecer protocolos de evaluación periódica que permitan identificar tempranamente cualquier señal de estrés o anomalía en el comportamiento de las abejas, asegurando así la sustentabilidad y el bienestar de las colonias a largo plazo.
3. Se recomienda que los apicultores empleen láminas completas de cera estampada en las colmenas. Esta práctica evita que las abejas necesiten construir extensivamente el resto del marco sin cera, lo cual puede resultar en la producción excesiva de zánganos. Utilizar láminas completas asegura que las estructuras del panal se construyan de manera uniforme y eficiente, optimizando así el espacio dentro del marco para la cría de abejas obreras y la producción de miel, mientras se minimiza el espacio destinado a los zánganos, que son menos productivos para la colmena.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Bogdanov, S. (2011). Honey composition. *The Honey Book*, May, 1–13.
- Bogdanov, S. (2016). Honey composition. *The Honey Book*, January, 1–10.
- Bradbear, N. (2005). *La apicultura y los medios de vida sostenibles*. Dirección de Sistemas de Apoyo a La Agricultura, Organización de Las Naciones Unidas Para La Agricultura y La Alimentación (FAO).
- Castro González, A. del C. (2014). *Evaluación en producción de miel de la abeja mellífera (Apis mellífera) manejado con media alza y excluidor de reina*. [Tesis de pregrado, Universidad de El Salvador].
- Contreras, G. (2014). *Caracterización de los subsistemas de producción apícola en 18 municipios del departamento de Suchitepéquez, Guatemala*. [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala].
- Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. (2005). *Manual Técnico de Apicultura*. Secretaría de Agricultura y Ganadería.
- Gobernación de Amazonas, P de A. departamental. (2011). *Manual de buenas prácticas ambientales*.
- Gómez Pajuelo, A. (2002). *La cera de abeja: Control y factores de calidad*. [Publicación de asociación/boletín, Asociación de Apicultores Guadalupe].
- López Pablo, V. A. (Ed.). (s.f.). *Manual de prerrequisitos y guía HACCP octubre 2010*. Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA).
- Lucas Orellana, H. R. (2015). *Informe final de servicios realizados en el cultivo de hule (Hevea brasiliensis) en plantía y procesos para el control de la plantación establecida en "Finca Agrícola Chitalón S.A.", Mazatenango, Suchitepéquez*. [Informe, Desconocido].
- Mace, H. (1991). *Manual completo de apicultura* (1a ed.). Edit. Continental.
- Marroquín De Ibarra, L. M. B. (1998). *Caracterización del proceso de estampado de la cera de abejas en cuatro departamentos de Guatemala*. [Tesis de grado, Desconocido].
- Marroquín, L. (2008). *Caracterización del proceso de estampado de la cera de abejas en cuatro departamentos de Guatemala* [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala].
- Mazariegos, M. (2010). *Aporte al desarrollo integral de las comunidades apoyadas por la Asociación de Acción Social y Desarrollo Integral Malacateca (AASDIMA)*,

Visión Mundial, Malacatán, San Marcos [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala].

Salas, R. (2005). ***Manual Técnico de Apicultura***. Dicta. Sac.

Trujillo Escobar, A. W. (2017). ***Diagnóstico socioeconómico, potencialidades productivas y resumen de propuestas de inversión***. [Informe, Desconocido].

Valladares, A., Mérida, J., & Velásquez, R. (2010). ***Manual de Buenas Prácticas Apícolas***. [Informe, Desconocido].

XI. ANEXOS

Anexo 1

Tabla 7. Presupuesto tratamiento 1 (25% cera estampada)

Presupuesto - Tratamiento 1 (25% cera estampada)				
Ingresos				
Producto	Precio Unitario	Cantidad	Total	
Botellas de 750 ml	Q 45.00	363	Q 16,335.00	
Actividad	Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Costos directos				
Insumos				
Láminas de cera estampada	Onzas	5.5	Q 5.62	Q 30.91
Subtotal				Q 30.91
Equipos				
Colmena	Unidad	4	Q 350.00	Q 1,400.00
Bases de colmena	Unidad	4	Q 30.00	Q 120.00
Subtotal				Q 1,520.00
Herramientas y materiales				
Contenedores	Unidad	8	Q 18.00	Q 144.00
Azúcar para alimentación de colmenas	Libras	10	Q 17.00	Q 170.00
Ahumador	Unidad	1	Q 120.00	Q 120.00
Mascara con sombrero	Unidad	2	Q 60.00	Q 120.00
Guantes de cuero	Unidad	2	Q 64.00	Q 128.00
Levanta marco	Unidad	1	Q 55.00	Q 55.00
Cepillo de apicultor	Unidad	1	Q 120.00	Q 120.00
Colador	Unidad	2	Q 10.00	Q 20.00
Desoperculador	Unidad	1	Q 135.00	Q 135.00
Subtotal				Q 1,012.00
Cosecha y post cosecha				
Cosecha (1 cosechas)	Jornal	4	Q 100.00	Q 400.00
Filtrado	Jornal	4	Q 100.00	Q 400.00
Subtotal				Q 800.00
Otros gastos				
Transporte de materiales	Unidad	3	Q 100.00	Q 300.00
Subtotal				Q 300.00
Total, de costos directos				Q 3,662.91
Costos Indirectos				
Pago de jornales	Mensual	12	Q 1,000.00	Q 12,000.00
Total, costos Indirectos				Q 12,000.00
Costo Total de Producción				Q 15,662.91

Anexo 2

Tabla 8 Presupuesto tratamiento 2 (50% cera estampada)

Presupuesto - Tratamiento 2 (50% cera estampada)				
Ingresos				
Producto	Precio Unitario	Cantidad	Total	
Botellas de 750 ml	Q 45.00	338	Q 15,210.00	
Actividad	Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Costos directos				
Insumos				
Láminas de cera estampada	Onzas	11	Q 5.62	Q 61.82
Subtotal				Q 61.82
Equipos				
Colmena	Unidad	4	Q 350.00	Q 1,400.00
Bases de colmena	Unidad	4	Q 30.00	Q 120.00
Subtotal				Q 1,520.00
Herramientas y materiales				
Contenedores	Unidad	8	Q 18.00	Q 144.00
Azúcar para alimentación de colmenas	Libras	10	Q 17.00	Q 170.00
Ahumador	Unidad	1	Q 120.00	Q 120.00
Mascara con sombrero	Unidad	2	Q 60.00	Q 120.00
Guantes de cuero	Unidad	2	Q 64.00	Q 128.00
Levanta marco	Unidad	1	Q 55.00	Q 55.00
Cepillo de apicultor	Unidad	1	Q 120.00	Q 120.00
Colador	Unidad	2	Q 10.00	Q 20.00
Desoperculador	Unidad	1	Q 135.00	Q 135.00
Subtotal				Q 1,012.00
Cosecha y post cosecha				
Cosecha (1 cosechas)	Jornal	4	Q 100.00	Q 400.00
Filtrado	Jornal	4	Q 100.00	Q 400.00
Subtotal				Q 800.00
Otros gastos				
Transporte de materiales	Unidad	3	Q 100.00	Q 300.00
Subtotal				Q 300.00
Total, de costos directos				Q 3,693.82
Costos Indirectos				
Pago de jornales	Mensual	12	Q 1,000.00	Q 12,000.00
Total, costos Indirectos				Q 12,000.00
Costo Total de Producción				Q 15,693.82

Anexo 3

Tabla 9 Presupuesto tratamiento 3 (75% cera estampada)

Presupuesto - Tratamiento 3 (75% cera estampada)				
Ingresos				
Producto	Precio Unitario	Cantidad	Total	
Botellas de 750 ml	Q 45.00	375	Q 16,875.00	
Actividad	Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Costos directos				
Insumos				
Láminas de cera estampada	Onzas	16.5	Q 5.62	Q 92.73
Subtotal				Q 92.73
Equipos				
Colmena	Unidad	4	Q 350.00	Q 1,400.00
Bases de colmena	Unidad	4	Q 30.00	Q 120.00
Subtotal				Q 1,520.00
Herramientas y materiales				
Contenedores	Unidad	8	Q 18.00	Q 144.00
Azúcar para alimentación de colmenas	Libras	10	Q 17.00	Q 170.00
Ahumador	Unidad	1	Q 120.00	Q 120.00
Mascara con sombrero	Unidad	2	Q 60.00	Q 120.00
Guantes de cuero	Unidad	2	Q 64.00	Q 128.00
Levanta marco	Unidad	1	Q 55.00	Q 55.00
Cepillo de apicultor	Unidad	1	Q 120.00	Q 120.00
Colador	Unidad	2	Q 10.00	Q 20.00
Desoperculador	Unidad	1	Q 135.00	Q 135.00
Subtotal				Q 1,012.00
Cosecha y post cosecha				
Cosecha (1 cosechas)	Jornal	4	Q 100.00	Q 400.00
Filtrado	Jornal	4	Q 100.00	Q 400.00
Subtotal				Q 800.00
Otros gastos				
Transporte de materiales	Unidad	3	Q 100.00	Q 300.00
Subtotal				Q 300.00
Total, de costos directos				Q 3,724.73
Costos Indirectos				
Pago de jornales	Mensual	12	Q 1,000.00	Q 12,000.00
Total, costos Indirectos				Q 12,000.00
Costo Total de Producción				Q 15,724.73

Anexo 4

Tabla 10 Presupuesto tratamiento 4 (100% cera estampada)

Presupuesto - Tratamiento 4 (100% cera estampada)				
Ingresos				
Producto	Precio Unitario	Cantidad	Total	
Botellas de 750 ml	Q 45.00	413	Q 18,585.00	
Actividad	Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Costos directos				
Insumos				
Láminas de cera estampada	Onzas	19	Q 5.62	Q 106.78
Subtotal				Q 106.78
Equipos				
Colmena	Unidad	4	Q 350.00	Q 1,400.00
Bases de colmena	Unidad	4	Q 30.00	Q 120.00
Subtotal				Q 1,520.00
Herramientas y materiales				
Contenedores	Unidad	8	Q 18.00	Q 144.00
Azúcar para alimentación de colmenas	Libras	10	Q 17.00	Q 170.00
Ahumador	Unidad	1	Q 120.00	Q 120.00
Mascara con sombrero	Unidad	2	Q 60.00	Q 120.00
Guantes de cuero	Unidad	2	Q 64.00	Q 128.00
Levanta marco	Unidad	1	Q 55.00	Q 55.00
Cepillo de apicultor	Unidad	1	Q 120.00	Q 120.00
Colador	Unidad	2	Q 10.00	Q 20.00
Desoperculador	Unidad	1	Q 135.00	Q 135.00
Subtotal				Q 1,012.00
Cosecha y post cosecha				
Cosecha (1 cosechas)	Jornal	4	Q 100.00	Q 400.00
Filtrado	Jornal	4	Q 100.00	Q 400.00
Subtotal				Q 800.00
Otros gastos				
Transporte de materiales	Unidad	3	Q 100.00	Q 300.00
Subtotal				Q 300.00
Total, de costos directos				Q 3,738.78
Costos Indirectos				
Pago de jornales	Mensual	12	Q 1,000.00	Q 12,000.00
Total, costos Indirectos				Q 12,000.00
Costo Total de Producción				Q 15,738.78

Anexo 5

Tabla 11 Flujo de caja tratamiento 1 25% cera estampada

Flujo de caja tratamiento 1 (Testigo)						
Conceptos/Año	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos totales		Q 16,335.00	Q 16,335.00	Q 16,335.00	Q 16,335.00	Q 16,335.00
Costos directos	Q 3,662.91	Q 1,648.31	Q 1,846.11	Q 2,067.64	Q 2,315.76	Q 2,593.65
Costos indirectos		Q 12,000.00	Q 12,000.00	Q 12,000.00	Q 12,000.00	Q 12,000.00
Costos totales	Q 3,662.91	Q 13,648.31	Q 13,846.11	Q 14,067.64	Q 14,315.76	Q 14,593.65
Saldo final	-Q 3,662.91	Q 2,686.69	Q 2,488.89	Q 2,267.36	Q 2,019.24	Q 1,741.35
Rentabilidad del proyecto						
Tasa %	VAN	TIR	Relación Costo Beneficio			
12%	Q 4,605.27	60.35%	Q 2.26			

Anexo 6

Tabla 12 Flujo de caja tratamiento 2 50% cera estampada

Flujo de caja tratamiento 2 (0.5 kg/m3)						
Conceptos/Año	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos totales		Q 15,210.00	Q 15,210.00	Q 15,210.00	Q 15,210.00	Q 15,210.00
Costos directos	Q 3,693.82	Q 1,662.22	Q 1,861.69	Q 2,085.09	Q 2,335.30	Q 2,615.53
Costos indirectos		Q 12,000.00	Q 12,000.00	Q 12,000.00	Q 12,000.00	Q 12,000.00
Costos totales	Q 3,693.82	Q 13,662.22	Q 13,861.69	Q 14,085.09	Q 14,335.30	Q 14,615.53
Saldo final	-Q 3,693.82	Q 1,547.78	Q 1,348.31	Q 1,124.91	Q 874.70	Q 594.47
Rentabilidad del proyecto						
Tasa %	VAN	TIR	Relación Costo Beneficio			
12%	Q 456.89	18%	Q 1.12			

Anexo 7

Tabla 13 Flujo de caja tratamiento 3 75% cera estampada

Flujo de caja tratamiento 3 (1 kg/m3)						
Conceptos/Año	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos totales		Q 16,875.00	Q 16,875.00	Q 16,875.00	Q 16,875.00	Q 16,875.00
Costos directos	Q 3,724.73	Q 1,676.13	Q 1,877.26	Q 2,102.54	Q 2,354.84	Q 2,637.42
Costos indirectos		Q 12,000.00	Q 12,000.00	Q 12,000.00	Q 12,000.00	Q 12,000.00
Costos totales	Q 3,724.73	Q 13,676.13	Q 13,877.26	Q 14,102.54	Q 14,354.84	Q 14,637.42
Saldo final	-Q 3,724.73	Q 3,198.87	Q 2,997.74	Q 2,772.46	Q 2,520.16	Q 2,237.58
Rentabilidad del proyecto						
Tasa %	VAN	TIR	Relación Costo Beneficio			
12%	Q 6,365.84	75%	Q 2.71			

Anexo 8

Tabla 14 Flujo de caja tratamiento 4 100% cera estampada (Testigo relativo)

Flujo de caja tratamiento 4 (1.5 kg/m3)						
Conceptos/Año	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos totales		Q 18,585.00	Q 18,585.00	Q 18,585.00	Q 18,585.00	Q 18,585.00
Costos directos	Q 3,738.78	Q 1,682.45	Q 1,884.35	Q 2,110.47	Q 2,363.72	Q 2,647.37
Costos indirectos		Q 12,000.00	Q 12,000.00	Q 12,000.00	Q 12,000.00	Q 12,000.00
Costos totales	Q 3,738.78	Q 13,682.45	Q 13,884.35	Q 14,110.47	Q 14,363.72	Q 14,647.37
Saldo final	-Q 3,738.78	Q 4,902.55	Q 4,700.65	Q 4,474.53	Q 4,221.28	Q 3,937.63
Rentabilidad del proyecto						
Tasa %	VAN	TIR	Relación Costo Beneficio			
12%	Q 12,487.73	125%	Q 4.34			

Ilustración 12. Fotografías de fase de campo

a. Preparación de la cera estampada para su colocación en los marcos de madera.



b. Medición de las láminas de cera estampada



c. Rotulación y colocación de los marcos y las cajas en el apiario



d. Revisión de colmenas



e. Extracción de miel y toma de datos.



Ilustración 13. Mapa ubicación del apiario

MAPA DE UBICACIÓN APIARIO

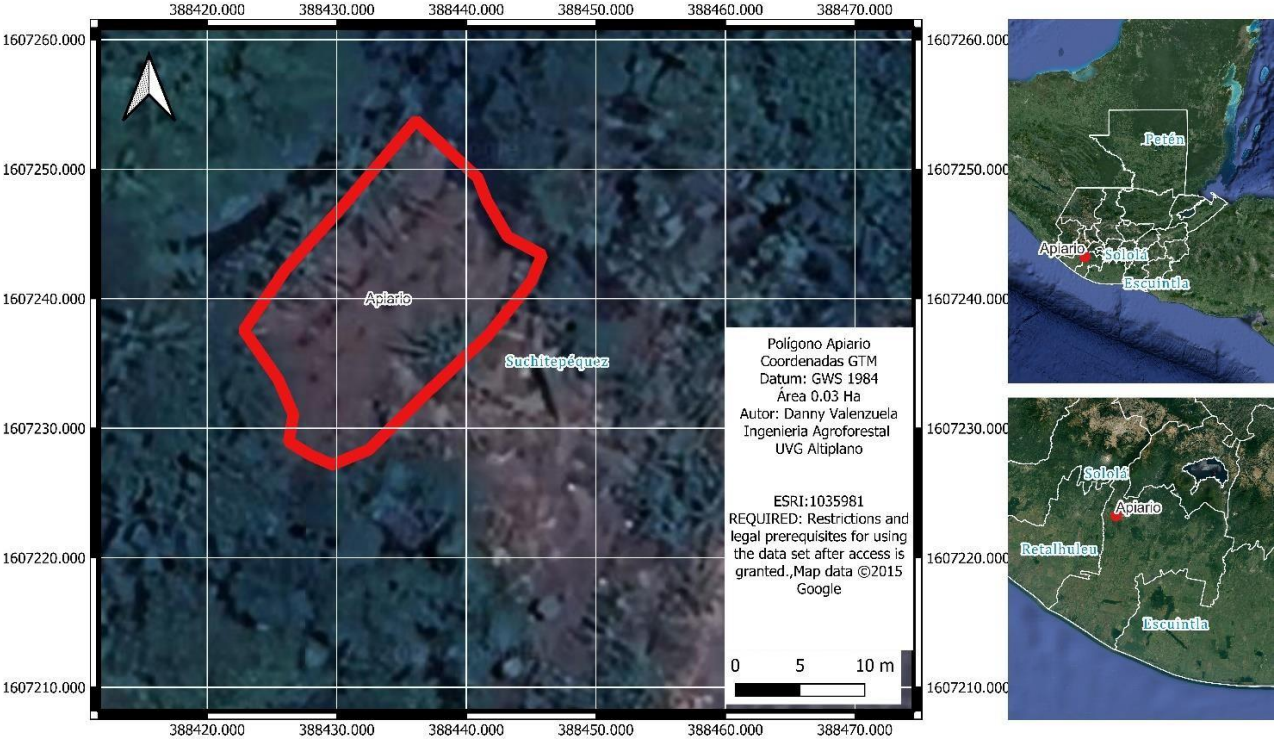


Tabla 15. Cronograma de actividades

Descripción											
Mes		Noviembre		Diciembre				Enero			
Semana		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
1	Familiarización del Área de estudio.	■									
2	Colocación de cera estampada		■	■							
3	Revisión de colmenas	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4	Cosecha y extracción de miel										■
5	Establecimiento del diseño experimental a nivel de campo.		■								
6	Toma de datos de las variables.										■
7	Análisis estadístico.										■