

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

**“EFECTO DEL MUCILAGO DE CACAO (*Theobroma cacao*) EN EL CRECIMIENTO POBLACIONAL DE
ABEJAS (*Apis mellifera*)”**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

AUTORES: Bach. Aylwin Mijahuanca Estela
Bach. Yovin Cruz Santos

ASESORES: Mg. Polito Michael Huayama Soplá
Dr. Oscar Wilfredo Diaz Gamboa

JAÉN - PERÚ, ENERO 2020



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD

ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 26 de 02 del año 2020, siendo las 17:10 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: Mg. Jorge Antonio Delgado Soto

Secretario: Mg. Frank Fernández Rosillo

Vocal: Ralph Stein Rivera Botonares, para evaluar la Sustentación de:

Trabajo de Investigación

Tesis

Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: **"Efecto del Mucilago de cacao (Teobroma Cacao) en el crecimiento poblacional de abejas (Apis Mellifera)"** presentado por Estudiante /Egresado o Bachiller Aylwin Mijahuanca Estela y Yovín Cruz Santos de la Carrera Profesional de ingeniería de industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

Aprobar Desaprobar Unanimidad Mayoría

Con la siguiente mención:

- | | | |
|----------------|------------|---------------|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | (<u>16</u>) |
| c) Bueno | 14, 15 | () |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | () |

Siendo las 18:10 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Presidente

Secretario

Vocal

ÍNDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	8
II. OBJETIVOS.....	10
2.1. Objetivo general.....	10
2.2. Objetivos Específicos	10
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
3.1. Materia Prima.	11
3.2. Muestras Biológicas.....	11
3.3. Materiales y Equipos.	11
3.3.1. Material Biológico.....	11
3.3.2. Materiales.....	11
3.3.3. Equipos.....	12
3.4. Metodología.....	12
3.4.1. Análisis físico-químico.....	12
3.4.2. Descripción del diagrama de flujo de la extracción de almendras de cacao.....	13
3.4.3. Descripción del diagrama de flujo del tratamiento de mucilago de cacao.....	14
3.4.4. Preparación de las colmenas.....	15
3.4.5. Método para determinar la cantidad de cría	15
3.4.6. Suministro de alimentación artificial.	16
3.4.7. Determinación del crecimiento poblacional de abejas (<i>Apis mellifera</i>) en la colmena.....	16
3.5. Análisis estadístico.	17
IV. RESULTADOS.....	18
V. DISCUSIÓN.....	29
VI. CONCLUSIONES	32
VII. BIBLIOGRAFIA	33
ANEXOS.....	36

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Cantidad de obreras y pecoreadoras, porcentaje de pecoreadoras, peso de la población y rendimiento de miel según Regla de Farrar.....	16
Tabla 2. Número de celdas por diámetro cuadrado (dm ²) según cuadrante del bastidor.	18
Tabla 3. Pesos del núcleo implementado, de los bastidores y del alimentador a diferentes concentraciones. Concentraciones.....	18
Tabla 4. Peso total del núcleo según concentración de grados Brix y números de colmenas.....	19
Tabla 5. Incremento del peso (Kg) semanal, valores promedios y mediana de las colmenas.....	21
Tabla 6. Valores porcentuales de consumo de mucílago de cacao según grupo de colmenas.....	23
Tabla 7. Análisis de varianza (ANOVA) del crecimiento poblacional de las abejas (<i>Apis mellifera</i>) con alimento artificial y testigo según concentración de grados Brix.	23
Tabla 8. Comparaciones múltiples de Tukey.....	24

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Extracción de Almendras.	13
Figura 2. Descripción del flujograma del tratamiento de las muestras.	14
Figura 3. Valores de pesos promedios de la primera y octava semana del crecimiento poblacional de las abejas (<i>Apis mellifera</i>).....	20
Figura 4. Adquisición de materiales.....	36
Figura 5. Adquisición de núcleos.	36
Figura 6. Sera con cría Amarrado en el Bastidor.	37
Figura 7. Captura de la reina para ser introducida en el núcleo.	37
Figura 8. Núcleo instalado en apiario definitivo.	38
Figura 9. Núcleo listo para ser trasladado.	38
Figura 10. Selección del campo para cosecha de cacao.	39
Figura 11. Selección de los frutos más sanos y en buen estado.	39
Figura 12. Selección de los mejores frutos.....	40
Figura 13. Quebrado y extraído de las almendras	40
Figura 14. Pasteurización de las muestras	41
Figura 15. Medición del pH de la muestra.	41
Figura 16. Estandarización de las muestras.....	42
Figura 17 Recepción de las reinas compradas desde Chiclayo.	42
Figura 18. Núcleo implementado con la reina insertada.	43
Figura 19. Control de pesaje del crecimiento poblacional.	43
Figura 20. Pesaje de la colmena 5	44
Figura 21. Muestra del incremento poblacional.	44

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo determinar el efecto del mucílago de cacao en el crecimiento poblacional de abejas (*Apis mellifera*). Es un estudio con diseño experimental al azar con un factor (mucílago de cacao), realizándose tres repeticiones por cada concentración de mucílago de cacao. Se recolectaron frutos de cacao en buenas condiciones de sanidad y óptimo grado de madurez. La muestra estuvo conformada por 10 núcleos de abejas (nueve alimentados y un testigo). Para estandarización de núcleos se realizó método de pesaje Farrar, (1973); se determinó concentración de sólidos totales (grados Brix) mediante refractómetro y pH (pH-meter). Se suministró mucílago de cacao (200 mL) a nueve colmenas durante ocho semanas, tres veces/semanas. Se obtuvieron tres concentraciones: 14 °Brix (22,8 % H₂O; 77,2 % mucílago de cacao); 16 °Brix (15,3 % H₂O; 84,8 % mucílago de cacao) y 18 °Brix (100 % mucílago de cacao). A mayor concentración de grados Brix (18°) en el alimento suministrado la aceptabilidad fue mayor de 98% y favoreció el incremento poblacional de las abejas en 13600 hasta 24800 individuos aproximadamente. Los hallazgos de este estudio corroboran la importancia de una alimentación artificial en el crecimiento poblacional de las abejas (*Apis mellifera*) en épocas de escasa floración.

Palabras clave: mucílago de cacao, abejas (*Apis mellifera*), alimentación artificial.

ABSTRACT

This search was as objective to determine the effect of the cocoa mucilage on the population growth of bees (*Apis mellifera*). It was a study with an experimental design random with a factor (cocoa mucilage), made it three repetitions for each cocoa mucilage concentration. Cocoa fruits were collected in good health conditions and an optimum degree of maturity. The sample was conformed for 10 cores of bees (nine feed and one witness). To standardization of cores was used by weighing method (Farrar1973); it was determined total solids concentration (Brix degrees) by refractometer and pH (pH-meter). It was supplied cocoa mucilage (200 mL) to nine hives for eight weeks, three times/weeks. It was obtained three concentrations: 14 °Brix (22,8 % H₂O; 77,2 % cocoa mucilage); 16 °Brix (15,3 % H₂O; 84,8 % cocoa mucilage) y 18 °Brix (100 % cocoa mucilage). Higher concentration Brix degree in the food supplied, the acceptability was higher of 98% and stimulated the population increase of the bees en 13600 hasta 248000 individuos aproximadamente. The findings of this study corroborate the importance of artificial feeding in the population growth of the honey bees (*Apis mellifera*) in period of poor flowering.

Keywords: cocoa mucilage, honey bees, (*Apis mellifera*), artificial feeding.

I. INTRODUCCIÓN.

El cacao, árbol originario de América Central y del Sur, se cultiva bajo un clima cálido y húmedo con una temperatura entre 25 y 28 °C. Hoy, es cultivado a lo largo del Ecuador, y puede ser encontrado en el Caribe, África, el Sur este de Asia y hasta en las islas del sur del pacífico Samoa y Nueva Guinea (Braudeau, 2001).

En el Perú, la región norte es una de las principales zonas donde se cultiva el cacao orgánico (*Theobroma cacao*), siendo las principales, los valles de La Convención (Cusco), del río Apurímac-Ene, o VRAE (Ayacucho, Cusco y Junín), del Huallaga (Huánuco y San Martín), de Tambo (Junín) y del Marañón (Cajamarca y Amazonas) (Morales, et al. 2015).

En el interior del cacao se encuentra el mucílago o pulpa fresca, la cual está compuesta por el 10 al 15 % de azúcares (glucosa y fructosa), 80 % de agua, 0,5 % de ácidos no volátiles, siendo la mayor parte cítricos y cantidades pequeñas de almidón, ácidos volátiles y sales. En un inicio, esta pulpa es estéril, pero, debido a la acidez (pH 3,5) y los azúcares presentes pueden permitir el desarrollo de microorganismos, considerándose sustratos para estos, tan pronto se abre la mazorca (Braudeau, 2001).

Así mismo, las semillas de cacao están rodeadas de un mucílago formado por 10 a 15 % de azúcares, 1-3 % de ácido cítrico y 1-1,5 % de pectinas; parte de este mucílago es necesaria para la producción de alcohol y ácido acético en la fermentación de las almendras, mientras que el 5 a 7 % drena como exudado (Vallejo & Vera , 2016).

La Apicultura se define como el arte o ciencia de criar abejas para aprovechar sus productos (Rubiano, 2016). La abeja de la miel (*Apis mellifera*) es la principal especie polinizadora que usa el hombre, produciendo tanto beneficios directos o económicos, es decir, productos de la actividad apícola que se pueden vender, tales como, miel, cera, polen y propóleo, como beneficios indirectos, que implican en el incremento del rendimiento de múltiples cultivos que dependen la mayor parte de los alimentos que constituyen la dieta de la población (Rubiano, 2016).

Existen tres castas de abejas: reinas, obreras y zánganos. Las obreras, son las más numerosas y realizan muchas funciones en la colmena; en los climas templados, pueden existir entre 20000 y 80000 abejas obreras, dependiendo de la estación del año. entre estas se encuentran las pecoreadoras, que se encargan de recoger el néctar y el polen de las flores; así como, de proveer de agua a la colmena (Rubiano, 2016).

Por otra parte, para que una colmena tenga un mayor rendimiento, el apicultor debe tener en mente que los recursos florales están disponibles sólo durante ciertas épocas del año; en la primavera hay mayor floración, mientras que en las estaciones lluviosas es donde esta escasea, por lo que se hace necesario el suministro de alimentación artificial, para el mantenimiento del crecimiento poblacional de estos insectos y su productividad.

Del Hoyo & Vidondo, (2010) citado por Lopez, (2014) menciona que, en ensayos realizados en dos colmenares, reportaron un crecimiento de 8,6 cuadros cubiertos con abejas, utilizando una alimentación con jarabe de azúcar, en un periodo de 30 días.

Actualmente, debido a los múltiples usos para el aprovechamiento de este mucílago en la obtención de diversos productos tales como el vino (Luzuriaga, 2012), mermeladas (Baena, 2013) vinagre (Villagomez, 2013) entre otros, esta investigación tuvo como finalidad determinar el efecto del mucílago de cacao en el crecimiento poblacional de abejas (*Apis mellifera*).

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- ❖ Determinar el efecto del mucílago de cacao sobre el crecimiento poblacional de abejas (*Apis mellifera*).

2.2. Objetivos Específicos

- ❖ Comparar el peso inicial y peso final de las abejas (*Apis mellifera*)
- ❖ Determinar los efectos del mucílago de cacao sobre el crecimiento poblacional de abejas (*Apis mellifera*) según concentración de grados Brix.
- ❖ Determinar el grado de consumo del mucílago de cacao según grupo de colmenas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Materia Prima.

Se utilizó mucilago de cacao CCN51 (*Theobroma Cacao*) procedente del caserío china alta, distrito de Huarango, provincia de San Ignacio, con una altitud de 930 m.s.n.m.

3.2. Muestras Biológicas.

Se utilizó 10 núcleos de abejas (*Apis mellifera*) instaladas en el sector el sereno, distrito de Huarango, provincia de San Ignacio. El proyecto se ejecutó durante la estación de verano.

3.3. Materiales y Equipos.

3.3.1. Material Biológico.

- ❖ Reinas jóvenes

3.3.2. Materiales.

- ❖ Bandeja de aluminio.
- ❖ Baldes plásticos de 20lt.
- ❖ Ollas de acero inoxidable.
- ❖ Núcleos
- ❖ Escobilla
- ❖ Palanca universal de acero inoxidable.
- ❖ Mameluco modelo argentino.
- ❖ Ahumador de acero inoxidable.
- ❖ Marco alimentador plástico de 4lt.
- ❖ Bastidores de madera.
- ❖ Estantes (soporte de colmena)
- ❖ Vaso de precipitación de 10 ml
- ❖ Cuchillo de acero inoxidable
- ❖ Guantes con malla y tela.
- ❖ Colmenas langstroth estándar americana.
- ❖ Jarra graduada de 1lt.
- ❖ Rejilla excluidora plástica.

3.3.3. Equipos

- ❖ Refractómetro, modelo RHB-62 Brix 29.6 Standard Data
- ❖ Balanza, marca VALTOX, modelo LC30.
- ❖ Termómetro digital.
- ❖ pH Metro, marca Metrohm modelo 913.
- ❖ Cocina a gas industrial marca Surge.
- ❖ Incrustador eléctrico de 3 amperios.

3.4. Metodología

3.4.1. Análisis físico-químico

Se determinaron total sólidos solubles (°Brix) y pH durante la elaboración del mucílago de cacao.

a. Determinación de total sólidos solubles: mediante el uso de un refractómetro modelo RHB-62 Brix 29.6 Standard Data. Para el efecto se colocó la muestra previamente homogenizada se la llevó a 20 °C y se tomó la lectura, obteniéndose tres (3) concentraciones:

- Concentración 18 °Brix: 100 % mucílago de cacao
- Concentración 16 °Brix: 15,25 % de agua y 84,75 % de mucílago de cacao
- Concentración 14 °Brix: 22,83 % de agua y 77,17 % de mucílago de cacao.

b. Determinación de pH: para el efecto se utilizó una muestra homogenizada y se le sometió a 20 °C en un vaso de precipitación con un volumen de 10 mL. Posteriormente, se sumergió el electrodo en la muestra determinándose el pH de 3,64. El equipo usado fue un pH-meter marca Metrohm modelo 913.

3.4.2. Descripción del diagrama de flujo de la extracción de almendras de cacao

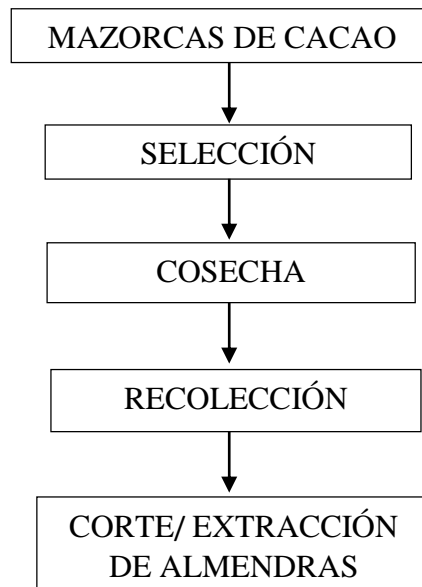


Figura 1. Extracción de Almendras.

- ❖ **Selección:**

Las mazorcas de cacao CCN51 fueron seleccionadas, después de evidenciarse que no poseían defectos de plagas y /o enfermedades.
- ❖ **Cosecha:**

Para la fase de la cosecha se utilizaron tijeras de podar, cortando el péndulo que divide el fruto del tronco.
- ❖ **Recolección:**

Se recolectaron las mazorcas para su posterior corte en el lugar indicado (cerca de la compostera).
- ❖ **Corte:**

Para el corte se empleó un cuchillo de acero inoxidable, realizándose un corte transversal y longitudinal; a continuación, se desarrolló la extracción de las almendras en baldes plásticos de uso alimentario.

3.4.3. Descripción del diagrama de flujo del tratamiento de mucilago de cacao.

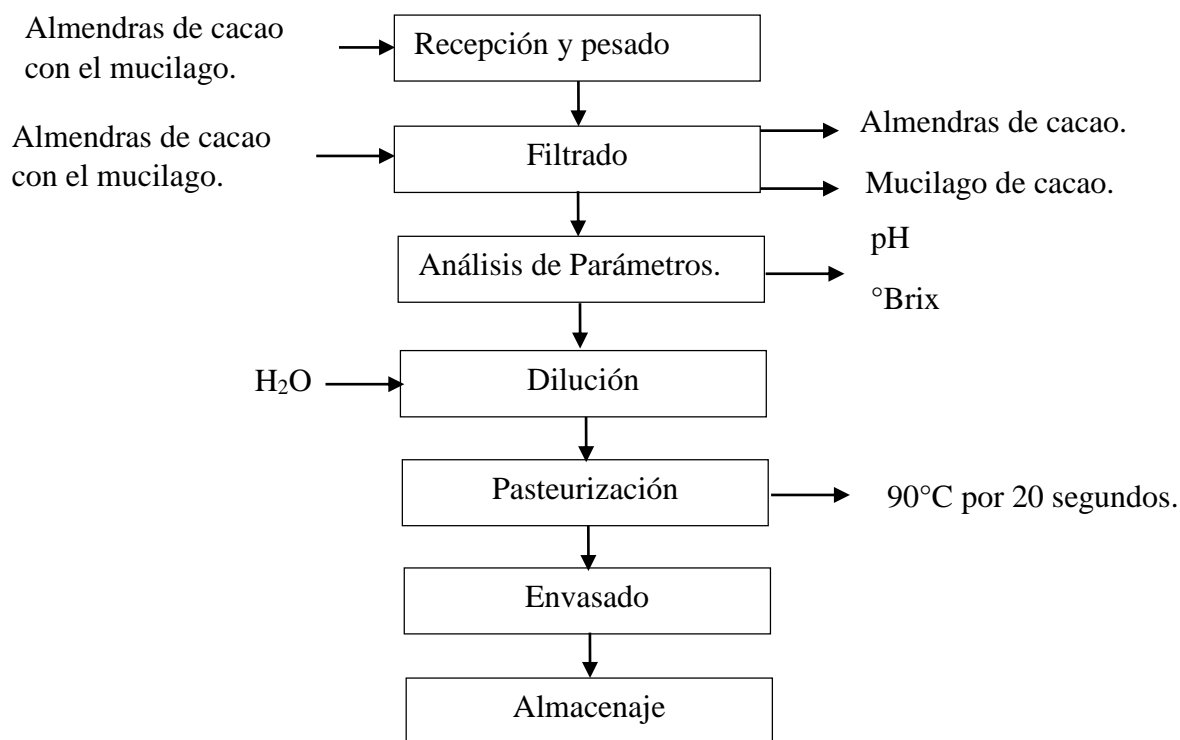


Figura 2. Descripción del flujograma del tratamiento de las muestras.

- ❖ **Recepción y pesado:** se recibieron 195 kg (65 kg en tres repeticiones) de cacao húmedo en baldes de uso alimentario conteniendo 21.6 Kg de almendras de cacao cada uno. Luego se procedió a pesar en una balanza electrónica marca VALTOX, modelo LC30, con la finalidad de determinar el rendimiento del mucílago, (13,31 %).
- ❖ **Filtrado:** se utilizó un colador de acero inoxidable colocando la muestra sobre el colador, presionando en forma manual y facilitar el filtrado del mucilago de cacao, obteniéndose 7,970 L por cada repitición.
- ❖ **Análisis de parámetros:** se realizó la medición de la concentración de sólidos en la muestra, alcanzando una concentración de 18 ° Brix, con un pH de 3,64 y una densidad de 1,086 g/mL.
- ❖ **Dilución:** se diluyeron dos muestras para la obtención de las concentraciones de 14, 16 y 18 °Brix.

Concentración 14 °Brix: 22,83 % de agua y 77,17 % de mucílago de cacao.

Concentración 16 °Brix: 15, 25 % de agua y 84,75 % de mucílago de cacao

Concentración 18 °Brix 100 % de mucílago de cacao.

- ❖ **Pasteurización:** se realizó para evitar las reacciones naturales del pardeamiento y fermentación debido a que cuenta con altas concentraciones de azúcares en su composición. Se desarrolló por un periodo de tiempo de 20 segundos a 90 °C.
- ❖ **Envasado:** las muestras fueron envasadas en bidones plásticos, de uso alimentario previamente esterilizados, con la finalidad de conservar su composición y evitar su contaminación.
- ❖ **Almacenaje:** se almacenó en lugares libres de agentes que lo puedan contaminar, para su posterior utilización en la dieta alimentaria de las abejas (*Apis mellifera*).

3.4.4. Preparación de las colmenas.

Se adquirieron reinas jóvenes¹ de la misma edad de la ciudad de Lambayeque, libres de plagas y enfermedades, estando aptas para su mayor reproducción. Cada reina fue incluida en un núcleo implementado con dos bastidores de cría, un bastidor de cera estirada, un marco alimentador con su alimento correspondiente para cada concentración y un aproximado de 2000 abejas (*Apis mellifera*), (Ver figura 17).

3.4.5. Método para determinar la cantidad de cría

Se procedió a observar a los bastidores y estandarizarlos con la finalidad de insertar en el núcleo la misma cantidad aproximada de cría. Las medidas de las celdas (casta obrera) se realizaron con una cinta métrica no extensible, estimando el número aproximado de cría en cada bastidor. Para la determinación de la cantidad del número de crías en cinco lugares diferentes se calculó el área de las celdas que contenían larvas en desarrollo y se dividió entre el área de la celda según casta. Como valor referencial se tiene para los zánganos (0,5 x 0,6 cm) y obreras (0,4 x 0,5 cm).

¹ Son las que tienen una edad determinada a partir de la fecha de nacimiento y por ende tienen mayor capacidad reproductiva.

3.4.6. Suministro de alimentación artificial.

Se suministró 200 mL de mucílago de cacao a cada grupo de colmenas tres veces /semanas en cada alimentador con concentraciones de C₁:14 °Brix (colmenas 1,2 y 3), C₂: 16 °Brix (colmenas 4,5 y 6) y C₃:18 °Brix (colmenas 7, 8 y 9); y la colmena 10 representó el testigo.

3.4.7. Determinación del crecimiento poblacional de abejas (*Apis mellifera*) en la colmena.

Esta medición se efectuó semanalmente según Farrar, (1973), “*cuanto más aumenta la población de una colmena mayor es la producción individual de cada abeja. Esto equivale a decir que aumenta la productividad y se conoce como un principio de sinergia*”. Esto se debe a que, a medida que aumenta el número de abejas de una colmena, también aumenta la proporción de pecoreadoras², según el siguiente cuadro.

Tabla 1.

Cantidad de obreras y porcentaje de pecoreadoras, peso de la población y rendimiento de miel según Regla de Farrar.

Total, de obreras	10.000	20.000	30.000	40.000	50.000	60.000
Pecoreadoras	2.000	5.000	10.000	20.000	30.000	39.000
Porcentaje pecoreadoras (%)	20	25	30	50	60	65
Peso de la población (Kg)	1	2	3	4	5	6
Rendimiento miel (Kg)	1	4	9	16	25	36

También se puede mencionar que la capacidad de producción es igual al cuadrado del peso de la población. Si una cámara de cría llena tiene 10.000 abejas y si este, total pesa aproximadamente 1 kg; una colmena que posee 50.000 abejas estará en capacidad de producir cinco veces al cuadrado, lo que significa 25 kg de miel, (Farrar, 1973) citado por (Ccorimanya, et al. 2014).

² Son una casta obrera dedicada a la recolección de néctar y polen hacia la colmena.

3.5. Tipo y diseño de la investigación.

La investigación fue tipo de campo y con un diseño experimental al azar con un solo factor (mucílago de cacao), considerándose variable independiente y el crecimiento poblacional de las abejas (variable dependiente). Se prepararon tres formulaciones y se realizaron tres repeticiones obteniéndose un total de nueve colmenas (tres colmenas/concentración) y un testigo.

3.6. Análisis estadístico.

Se analizaron los datos del incremento poblacional de las colmenas con el programa SPSS versión 16. Se realizaron estadísticos de tendencia central (promedio y mediana) del incremento del peso de cada colmena suministrada con alimentación artificial a diferente concentración de grados ° Brix. Se aplicó la prueba ANOVA para verificar la diferencia significativa entre los promedios del crecimiento poblacional de las colmenas y el peso inicial vs peso final, con un nivel de significancia estadística de 5%.

IV. RESULTADOS

Tabla 2.

Número de celdas por diámetro cuadrado (dm²) según cuadrante del bastidor.

Cuadrante del bastidor	Número de celdas/diámetro ²
Superior derecho	19 x 22= 418 dm ²
Inferior derecho	18 x 20= 360 dm ²
Superior izquierdo	16 x 21 = 336 dm ²
Inferior izquierdo	19 x 20 =380 dm ²
Central	16 x 20 = 320 dm ²

La Tabla 2, muestra el número de celdas por diámetro cuadrado (dm²) según cuadrante del bastidor. El cuadrante superior derecho presenta el mayor número de cría.

Tabla 3.

Pesos del núcleo implementado, de los bastidores y del alimentador a diferentes concentraciones.

Peso del núcleo implementado	Gramos (g)
Peso del núcleo	2905
Peso del bastidor vacío	190
Peso del bastidor con cera estirada	370
Peso del bastidor con cría	1370
Peso del alimentador con [18 °Brix]	803
Peso del alimentador con [16 °Brix]	797
Peso del alimentador con [14 ° Brix]	794

[]: concentración con un volumen estándar de 200 ml.
Valores expresados en gramos (g)

La Tabla 3, muestra los pesos del núcleo implementado, de los bastidores y del alimentador a diferentes concentraciones expresadas en gramos (g). Se observa que el peso del alimentador se incrementó a medida que aumentó la concentración.

Tabla 4.

Peso total del núcleo según concentración de grados Brix y números de colmenas.

Concentración (° Brix)	Número de colmenas	Peso núcleo (Kg)	Peso bastidor + cera estirada (g)	Peso del bastidor (2) + cría (Kg)	Peso alimentador + mucílago (g)	Peso total del núcleo (Kg)
14	1,2,3	2,905	370	2,740	794	6,809
16	4,5,6	2,905	370	2,740	797	6,812
18	7,8,9	2,905	370	2,740	803	6,818
Testigo	10	2,905	370	2,740	---	6,015

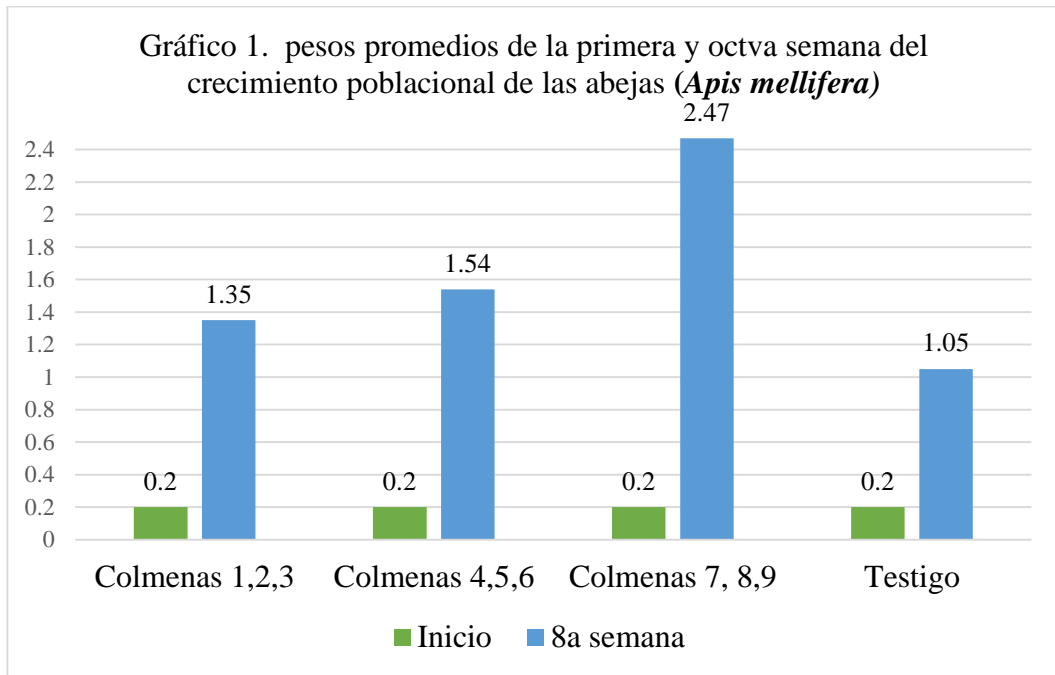
Valores expresados en Kg y g

Peso bastidor + cría (peso de dos bastidores por cada núcleo): $1,370 \times 2 = 2,740$

En la Tabla 4, se reporta el peso total del núcleo según concentración de grados Brix y números de colmenas. El peso aumentó con el incremento de la concentración; sin embargo, se observó mayor diferencia entre las concentraciones 16 ° Brix y 18 ° Brix mientras que el peso del testigo se ubicó entre estas.

El gráfico 1 muestra los valores promedios del peso inicial (Kg) y 8ª semana de las abejas (*Apis mellifera*). Las abejas que conformaron las colmenas 7,8 y 9 presentaron el mayor valor promedio de incremento del peso, lo que se traduce en un mayor crecimiento poblacional. El testigo se comportó con un crecimiento inferior a lo evidenciado con el suministro de la alimentación artificial (mucílago de cacao), con relación a las demás colmenas.

Figura 3. Valores de pesos promedios de la primera y octava semana del crecimiento poblacional de las abejas (*Apis mellifera*).



Colmenas 1,2, 3: concentración 14 °Brix
 Colmenas 7, 8, 9: concentración 18 °Brix
 ANOVA p:<0,05

Colmenas 4,5, 6: concentración 16 °Brix
 Testigo colmena 10 sin suministro de alimentación

Tabla 5.

Incremento del peso (Kg) semanal, valores promedios y mediana de las colmenas.

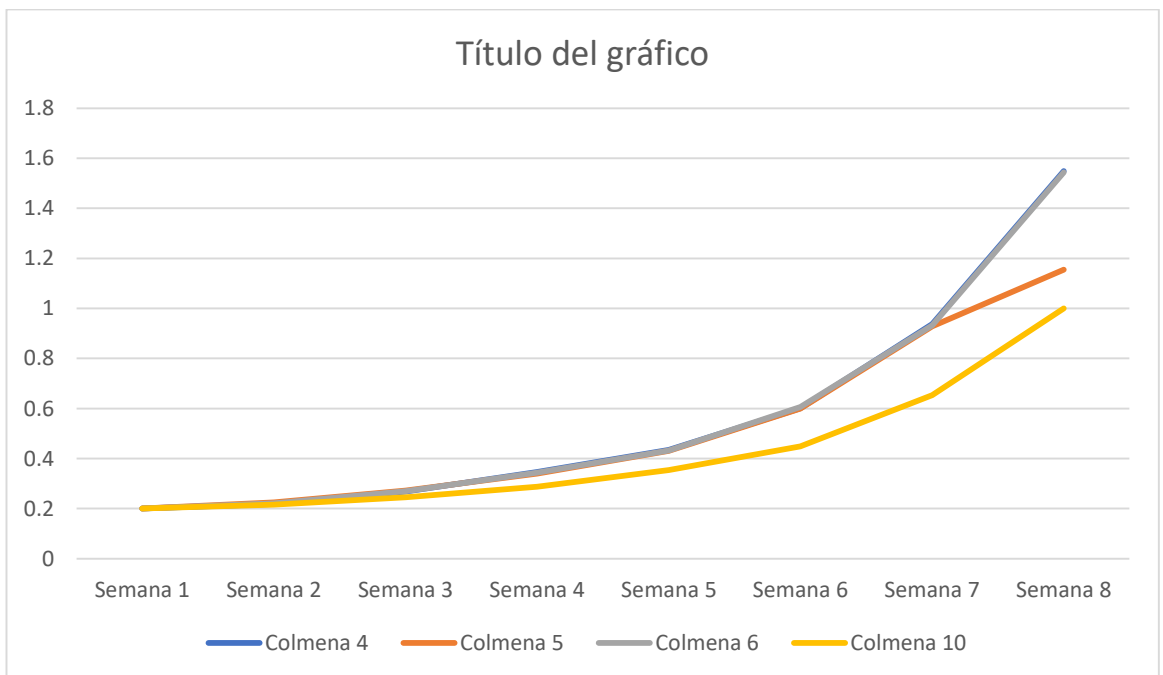
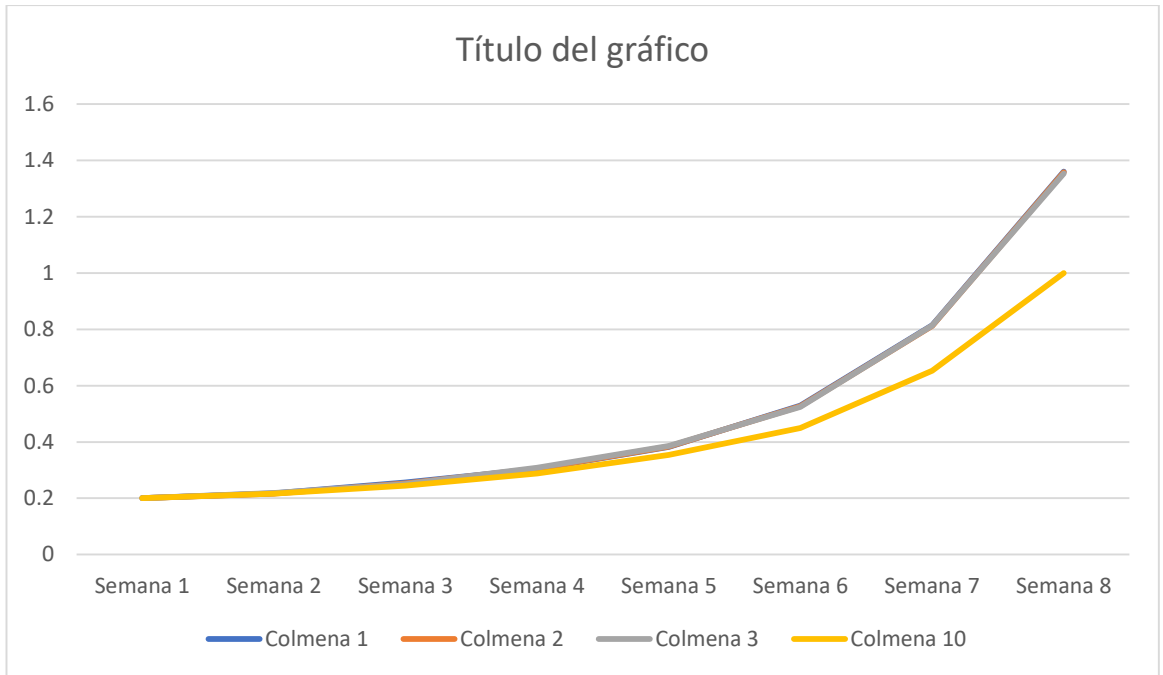
Concentración (°Brix)	N° de colmenas	Semanas								Promedio total	Mediana
		1 ^{ra}	2 ^{da} *	3 ^{ra} *	4 ^{ta} *	5 ^{ta} *	6 ^{ta} *	7 ^{ma} *	8 ^{va} *		
C ₁ 14°Brix	1	0,200	0,218	0,256	0,304	0,383	0,529	0,815	1,360	0,508	0,344
	2	0,200	0,216	0,253	0,305	0,384	0,527	0,812	1,358	0,507	0,345
	3	0,200	0,219	0,251	0,308	0,386	0,525	0,813	1,354	0,507	0,347
C ₂ 16°Brix	4	0,200	0,219	0,268	0,346	0,435	0,601	0,937	1,549	0,569	0,391
	5	0,200	0,225	0,272	0,340	0,431	0,600	0,929	1,546	0,568	0,386
	6	0,200	0,221	0,270	0,344	0,432	0,606	0,933	1,544	0,569	0,388
C ₃ 18°Brix	7	0,200	0,231	0,293	0,376	0,524	0,821	1,443	2,475	0,795	0,450
	8	0,200	0,229	0,291	0,373	0,522	0,817	1,455	2,473	0,795	0,448
Testigo	9	0,200	0,232	0,288	0,379	0,527	0,816	1,451	2,480	0,797	0,453
	10	0,200	0,216	0,245	0,288	0,354	0,449	0,653	1,052	0,432	0,321

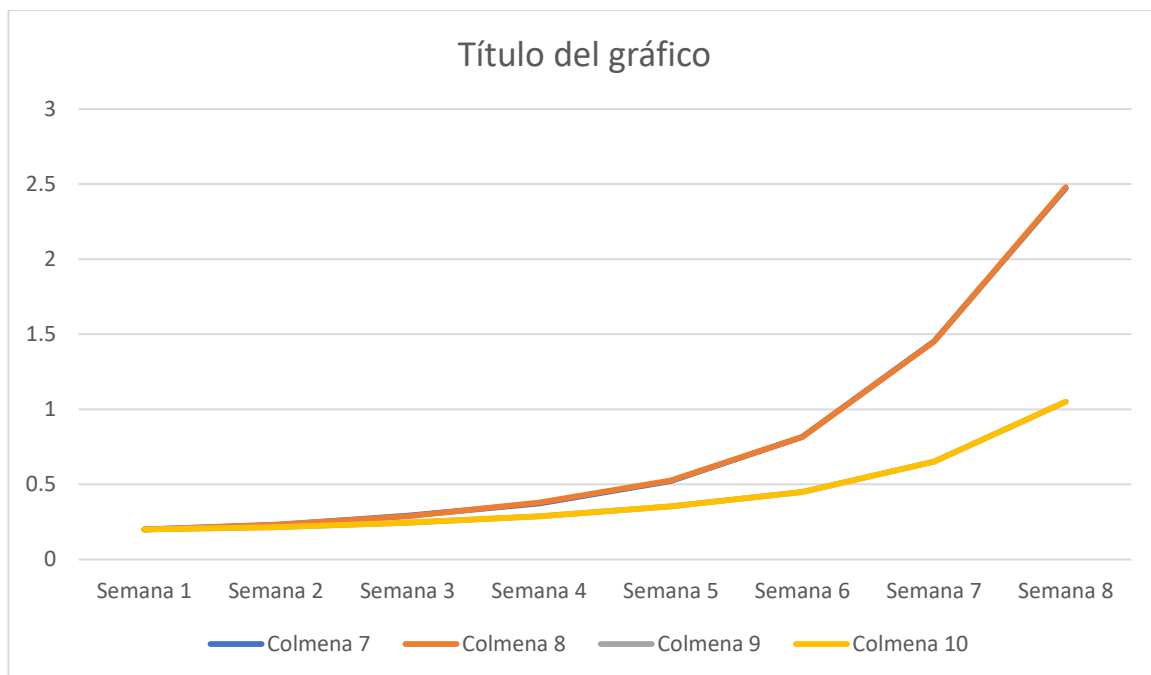
C₁ °14 Brix: 22,83 % de agua y 77,17 % de mucílago de cacao.

C₂: ° 16 Brix: 15, 25 % de agua y 84,75 % de mucílago de cacao. C₃ ° 18 Brix: 100 % de mucílago de cacao

ANOVA* p: <0,05

La Tabla 5, reporta el incremento del peso (Kg) semanal de las colmenas, valores promedios y mediana. La curva de crecimiento exponencial comenzó a incrementarse a partir de la 6ta semana en todas las colmenas, a excepción del testigo. Por otra parte, la mayor ganancia del peso aproximadamente se mostró entre la 7^a y 8^a semana con 500g, 600 g y un kilo para las colmenas según las diferentes





concentraciones de grados Brix (14, 16 y 18 respectivamente). El testigo solo 400 g. Hubo diferencia significativa en todas las semanas entre las concentraciones.

Tabla 6.

Valores porcentuales de consumo de mucílago de cacao según grupo de colmenas.

Grupos de colmenas	% consumo de alimento artificial
1, 2 y 3	70 -78
4, 5 y 6	85- 88
7,8 y 9	98%
10	---

En esta Tabla 6, se reportan los valores porcentuales de consumo de alimentación artificial según grupo de colmenas. Aproximadamente, la diferencia del consumo entre los grupos de colmenas fue del 10 %.

Tabla 7.

Análisis de varianza (ANOVA) del crecimiento poblacional de las abejas (*Apis mellifera*) con alimento artificial y testigo según concentración de grados Brix.

ANOVA: p: <0.05

Semana	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio del cuadrado	F	P
1. Inter grupos	3	0,000	0,000		
Intra grupos	6	0,000	0,000		
2. Inter grupos	3	0,000	0,000	36,857	0,000
Intra grupos	6	0,000	0,000		
3. Inter grupos	3	0,004	0,001	12,706	0,002
Intra grupos	6	0,001	0,000		
4. Inter grupos	3	0,014	0,005	818,407	0,000
Intra grupos	6	0,000	0,000		
5. Inter grupos	3	0,050	0,017	5112,376	0,000
Intra grupos	6	0,000	0,000		
6. Inter grupos	3	0,227	0,076	14185,516	0,000
Intra grupos	6	0,000	0,000		
7. Inter grupos	3	1,069	0,356	25598,250	0,000
Intra grupos	6	0,000	0,000		
8. Inter grupos	3	3,388	1,129	157562,306	0,000
Intra grupos	6	0,000	0,000		

Según la prueba estadística ANOVA hubo diferencia significativa entre grupos e intra grupos de las colmenas en todas las semanas, a excepción de la primera semana, debido a que todas presentaban el mismo peso.

Al comparar por la prueba estadística Tukey el crecimiento poblacional entre el grupo testigo y las colmenas suministradas con alimentación artificial durante las ocho semanas de tratamiento, se observó que a partir de la semana 2, hubo diferencia significativa entre el grupo testigo con las colmenas que recibían mucílago de cacao según concentración 16 y 18 °Brix. Desde la 4ta semana hasta la última, hubo diferencia significativa entre todas las colmenas.

Tabla 8.

Comparaciones múltiples de Tukey.

Brix	Brix	Diferencia de promedio	Error Estándar	p.
------	------	------------------------	----------------	----

SEMANA 2	T	14	-0,001667	0,001528	0,704
		16	-0,005667*	0,001528	0,025
		18	-0,014667*	0,001528	0,000
	14	T	0,001667	0,001528	0,704
		16	-0,004000	0,001528	0,114
		18	-0,013000*	0,001528	0,000
	16	T	0,005667*	0,001528	0,025
		14	0,004000	0,001528	0,114
		18	-0,009000*	0,001528	0,002
	18	T	0,014667*	0,001528	0,000
		14	0,013000*	0,001528	0,000
		16	0,009000*	0,001528	0,002
SEMANA 3	T	14	-0,008333	0,008851	0,784
		16	-0,038333*	0,008851	0,011
		18	-0,045667*	0,008851	0,004
	14	T	0,008333	0,008851	0,784
		16	-0,030000*	0,008851	0,038
		18	-0,037333*	0,008851	0,012
	16	T	0,038333*	0,008851	0,011
		14	0,030000*	0,008851	0,038
		18	-0,007333	0,008851	0,840
	18	T	0,045667*	0,008851	0,004
		14	0,037333*	0,008851	0,012
		16	0,007333	0,008851	0,840
SE MA	T	14	-0,017667*	0,001944	0,000

		16	-0,055333*	0,001944	0,000
		18	-0,088000*	0,001944	0,000
		T	0,017667*	0,001944	0,000
	14	16	-0,037667*	0,001944	0,000
		18	-0,070333*	0,001944	0,000
		T	0,055333*	0,001944	0,000
	16	14	0,037667*	0,001944	0,000
		18	-0,032667*	0,001944	0,000
		T	0,088000*	0,001944	0,000
	18	14	0,070333*	0,001944	0,000
		16	0,032667*	0,001944	0,000
		14	-0,030333*	0,001472	0,000
	T	16	-0,078667*	0,001472	0,000
		18	-0,170333*	0,001472	0,000
		T	0,030333*	0,001472	0,000
	14	16	-0,048333*	0,001472	0,000
		18	-0,140000*	0,001472	0,000
		T	0,078667*	0,001472	0,000
	16	14	0,048333*	0,001472	0,000
		18	-0,091667*	0,001472	0,000
		T	0,170333*	0,001472	0,000
	18	14	0,140000*	0,001472	0,000
		16	0,091667*	0,001472	0,000
		14	-0,078000*	0,001886	0,000
	T	16	-0,153333*	0,001886	0,000
		18	-0,369000*	0,001886	0,000
		T	0,078000*	0,001886	0,000
	14	16	-0,075333*	0,001886	0,000

		18	-0,291000*	0,001886	0,000
		T	0,153333*	0,001886	0,000
	16	14	0,075333*	0,001886	0,000
		18	-0,215667*	0,001886	0,000
		T	0,369000*	0,001886	0,000
	18	14	0,291000*	0,001886	0,000
		16	0,215667*	0,001886	0,000
		14	-0,160333*	0,003046	0,000
	T	16	-0,280000*	0,003046	0,000
		18	-0,796667*	0,003046	0,000
		T	0,160333*	0,003046	0,000
	14	16	-0,119667*	0,003046	0,000
		18	-0,636333*	0,003046	0,000
		T	0,280000*	0,003046	0,000
	16	14	0,119667*	0,003046	0,000
		18	-0,516667*	0,003046	0,000
		T	0,796667*	0,003046	0,000
	18	14	0,636333*	0,003046	0,000
		16	0,516667*	0,003046	0,000
		14	-0,305333*	0,002186	0,000
	T	16	-0,494333*	0,002186	0,000
		18	-1,424000*	0,002186	0,000
		T	0,305333*	0,002186	0,000
	14	16	-0,189000*	0,002186	0,000
		18	-1,118667*	0,002186	0,000
		T	0,494333*	0,002186	0,000
	16	14	0,189000*	0,002186	0,000
		18	-0,929667*	0,002186	0,000

	T	1,424000*	0,002186	0,000
18	14	1,118667*	0,002186	0,000
	16	0,929667*	0,002186	0,000

Tukey*: p: < 0,05

14°Brix: colmenas 1,2,3; 16 °Brix: colmenas 4,5,6; 18 °Brix: colmenas 7,8, 9 T: testigo

V. DISCUSIÓN.

El mucílago de cacao CCN-51, se utilizó como alimentación artificial³ en el crecimiento poblacional de las abejas (*Apis mellifera*), para proporcionar el aprovechamiento del mucílago como sub producto, el cual se desecha muchas veces.

En la tabla N°02 se observan los resultados de las medidas de las celdas las cuales fueron mayores a los reportados por (Ccorimanya, et al. 2014) en su investigación cuyo objetivo fue determinar el número poblacional de abejas en Apurímac mediante la técnica de medición por cuadrantes en 5 sectores del bastidor con cría, esto pudiera ser atribuido a que la región de San Ignacio presenta frecuentes precipitaciones en todo el año, facilitando las floraciones tanto melíferas como de polen.

Por otra parte, las colmenas tipo Langstroth standard Americana⁴ presentaron valores ya establecidos, por lo que el peso del núcleo se encontró entre los promedios normales. El crecimiento poblacional de las abejas (*Apis mellifera*) está influenciada por las fuentes de alimento cercanas de polen y néctar; el número de abejas que habitan en la colmena también es indispensable para la sostenibilidad y el incremento poblacional.

Núñez, Almeida, & Rosero, (2017), afirma que “las colmenas en condiciones bajas no se proveen de polen y néctar necesario para mantener su colonia”, por ello la suministración artificial de alimentación, con mucílago de cacao, ayudaría a estimular y propiciar la postura de la reina y el incremento poblacional de las abejas.

³ Es el suministro de algún alimento sustituyente que reemplaza la dieta (polen y néctar) de las abejas.

⁴ Es un tipo de colmena de orientación vertical conformada por una cámara de cría y una cámara para miel

La producción de miel de las colonias está ligada al rápido aprovechamiento de la floración por parte de las abejas, por lo que la existencia de una abundante población de abejas en la colmena, deben coincidir para obtener mayores rendimientos productivos. Esto quiere decir, que para que se produzca esto la colonia debe producir con antelación a la floración una cantidad abundante de cría que permita hacer coincidir el máximo de población con el flujo de néctar y polen.

En este estudio según metodología del pesaje establecida por Farrar, (1973) se obtuvo un crecimiento promedio exponencial de ejemplares aproximadamente (5070, 5690, 7950) según los grupos de colmenas y diferentes concentraciones de °Brix (14, 16 y 18 respectivamente) dado por el suministro de alimentación artificial; a excepción de la última colmena (denominada testigo que obtuvo 4320 aproximadamente) que no se le suministró alimento, por lo que esta diferencia puede ser atribuido a los beneficios de la alimentación artificial. Las concentraciones 14 y 16 estuvieron compuestas de menor composición nutricional por su dilución con agua.

Por otra parte, estos resultados obtenidos del mayor crecimiento exponencial fue el efecto de haber utilizado reinas jóvenes, las cuales experimentan su mayor productividad dentro del primer año de vida con 500 a 2500 huevos puestos por día (Novoa, 2011) citado por (Simbaña, 2015).

La colmena N° 10 (tabla 5) tiene menor crecimiento poblacional promedio por semana debido a que tiene que salir a buscar fuentes de alimento de néctar y polen para alimentar, mantener e incrementar su población. Las demás colmenas cuentan con fuentes de alimento más cercanas, donde la función ideal es transportar para alimentar a las crías (huevo, larva, pupa), durante 21 días, según especifica (Gonzales, 2015), que el crecimiento de una abeja tiene tres etapas fundamentales donde (0-3 día) es huevo, del (4- 9 día) se transforma en larva, del (10-21 día) evoluciona como pupa. Dentro de estas tres etapas de crecimiento las abejas necesitan que las abejas nodrizas les suministren las cantidades necesarias de alimento.

Para evitar las concentraciones de hongos, mohos y bacterias en este estudio se descartó el volumen de alimento no consumido, facilitando así la limpieza del

alimentador. En cuanto a los valores porcentuales del consumo alimentario (tabla 6) se observó que en la concentración 18 °Brix (colmenas 7,8 y 9) se obtuvo el mayor consumo de la alimentación artificial, debido a que en su composición fue 100 % de mucílago de cacao, mientras que con las restantes concentraciones se obtuvo menor consumo porque el mucílago de cacao estaba diluido.

Los hallazgos de esta investigación corroboran la importancia de una alimentación artificial en el crecimiento poblacional de las abejas (*Apis mellifera*) en épocas de escasa floración.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

a. Conclusiones

- ❖ El comportamiento de las colmenas alimentadas con mucílago de cacao sobre el crecimiento poblacional de las abejas (*Apis mellifera*), estimuló la postura de la reina e incrementó el número de abejas, alimentadas con mucílago de cacao a 18 grados Brix; en la colmena 9 se obtuvo 24800 individuos/colmena aproximadamente, mejorando su productividad y rentabilidad.
- ❖ Se obtuvo un crecimiento poblacional mayor con 2,270 kg para las colmenas alimentadas con mucílago de cacao con 18 grados Brix, mientras que para las concentraciones de 14 y 16 grados Brix solo se obtuvo 1,150 kg y 1,340 kg respectivamente.
- ❖ La alimentación de abejas (*Apis mellifera*) con mucílago tiene efecto positivo en el incremento poblacional de las abejas, según concentración de grados °Brix.
- ❖ A mayor concentración de grados Brix en el alimento suministrado, la aceptabilidad fue mayor en un 98 y 100 % de consumo para 18 grados Brix, esto favoreció el incremento poblacional de las abejas (*Apis mellifera*).

b. Recomendaciones

- ❖ Se recomienda suministrar el mucílago de cacao con mayor frecuencia a una concentración de 18 grados Brix, ya que esto permite el mayor incremento poblacional de abejas.
- ❖ Se debe desarrollar este tipo de investigación cuando las floraciones son escasas. Ya que es el momento adecuado para demostrar la efectividad de la alimentación artificial con mucílago de cacao.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Baena, R. S. (2013). *Algunos Aspectos Metodologicos en la Investigacion sobre el proceso de Elaboracion de Vinagre de Vino*. Cordova : Servicio de publicaciones de la Universidad de Cordova.
- Braudeau, J. (2001). *Técnicas agrícolas y producciones*. Barcelona, España.
- Ccorimanya, A. J., Escobar, H. J., Flores, J. E., Jiménez, F. Y., Navarro, H. N., Quintana, F. F., . . . Villavicencio, S. E. (2014). *Determinacion del Numero de Abejas en la colmena N° 3 "Centro Experimental Pachachaca" FMVZ UNAMBA*. Abancay, Apurimac.
- Del Hoyo, M., & Vidondo, y. (2010). *Prueba del Impacto en el Desarrollo en le Area de Cria del Producto BEEFOOD*. Buenos Aires, Argentina: APILAB SRL.
- Farrar, C. (1973). *Productive management of honey-bee colonies*. American Bee Journal.
- Gonzales, R. (2015). Apicultura sin Fronteras. *Noticias Apicolas*, 22.
- Lopez, H. S. (2014). *Efecto de la Alimentacion Artificial en el Crecimineto Poblacional de Abejas (Apis mellifera) en la Zona de Yurimaguas*. Yurimaguas, Perú.
- Luzuriaga, P. D. (2012). *Extraccion y Aprovechamiento Del mucilago de Cacao (Theobroma cacao) como materi prima en la Elaboracion de Vino*. Quito, Ecuador.
- Morales, O., Argandoña, A., Borda, A., Farach, R., Naranjo, L., & Garcia, L. K. (2015). *La Alianza Cacao Perú y la cadena productiva del cacao fino de aroma*. Universidad ESAN, Lima, Perú.
- Novoa, G. (2011). *Manual para la Cria de Abejas Reinas: Sagarpa, Programa Nacional de Apicultura*.
- Nuñez, T. O., Almeida, S. R., & Rosero, P. M. (2017). Fortalecimiento del rendimiento de abejas (*Apis mellifera*) alimentadas con fuentes proteicas. *SciELO*.

- Rubiano, M. V. (2016). *Análisis Viroológico y Epidemiológico del síndrome de despoblamiento de colmenas en España: Estudio de causas y Consecuencias*. Madrid.
- Simbaña, C. H. (2015). *Evaluación de tres Métodos de Reproducción de Abeja Reina de la especie (Apis mellifera) en el Cantón Pedro Moncayo 2012*. Quito, Ecuador.
- Vallejo, C., & Vera, J. (2016). *Utilización del mucílago de cacao, tipo Nacional y Trinitario, en la obtención de jalea*. Espamciencia.
- Villagomez, G. S. (2013). *Optimización y Aprovechamiento del Residuo (Exudado del mucílago) de la almendra fresca del cacao (Theobroma cacao L.) CCN51 en la Elaboración de Vinagre*. Quito, Ecuador.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por habernos otorgado una familia maravillosa, quienes han creído en nosotros siempre, dándonos ejemplo de superación, humildad y sacrificio; enseñándonos a valorar todo lo que tenemos. A todos ellos dedicamos el presente trabajo, porque han fomentado en nosotros, el deseo de superación y triunfo en la vida. Lo que ha contribuido a la consecución de este logro. Espero seguir contando siempre con su valioso apoyo.

ANEXOS.



Figura 5. Adquisición de materiales.



Figura 5. Adquisición de núcleos.



Figura 7. Sera con cría Amarrado en el Bastidor.



Figura 7. Captura de la reina para ser introducida en el núcleo.



Figura 9. Núcleo instalado en apiario definitivo.



Figura 9. Núcleo listo para ser trasladado.



Figura 11. Selección del campo para cosecha de cacao.



Figura 11. Selección de los frutos más sanos y en buen estado.



Figura 13. Selección de los mejores frutos.



Figura 13. Quebrado y extraído de las almendras



Figura 15. Pasteurización de las muestras



Figura 15. Medición del pH de la muestra.



Figura 17. Estandarización de las muestras.



Figura 17 Recepción de las reinas compradas desde Chiclayo.



Figura 18. Núcleo implementado con la reina insertada.



Figura 19. Control de pesaje del crecimiento poblacional.



Figura 20. Pesaje de la colmena 5



Figura 21. Muestra del incremento poblacional.