

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DE CUSCO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA



TESIS

**SUMINISTRO DE SUPLEMENTOS ALIMENTICIOS PARA ABEJAS (*Apis mellifera*)
DURANTE LA ÉPOCA DE ESCASEZ**

PRESENTADO POR:
Br. ALFREDO QUIROZ QUISPE

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO ZOOTECNISTA**

ASESORES:
M.Sc. GARDENIA TUPAYACHI SOLORZANO
Ing. CÉSAR PALOMINO TINCO

CUSCO-PERÚ

2025



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor M. Gardenia Tupayachi Solorzano, quien aplica el software de detección de similitud al trabajo de investigación/tesis titulada: "Suministro de suplementos alimenticios para abejas (Apis mellifera) durante la época de escasez".

Presentado por: Alfredo Quispe Quispe, DNI N° 72139040, presentado por: DNI N°: Para optar el título Profesional/Grado Académico de Ing. Zootecnista.

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software de Similitud, conforme al Art. 6° del *Reglamento para Uso del Sistema Detección de Similitud en la UNSAAC* y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 7 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 19 de enero de 2026

Firma

Post firma Gardenia Tupayachi Solorzano

Nro. de DNI 42789402

ORCID del Asesor: 0000-0002-8131-7223 0009-00075496-6694

Cesar Palomino DNI 23896884

Se adjunta:

- Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
- Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: oid: 27259:547355658

ALFREDO QUIROZ QUISPE

SUMINISTRO DE SUPLEMENTOS ALIMENTICIOS PARA ABEJAS (*Apis mellifera*) DURANTE LA ÉPOCA DE ESCASEZ

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:547355658

131 páginas

Fecha de entrega

19 ene 2026, 8:15 a.m. GMT-5

28.331 palabras

153.086 caracteres

Fecha de descarga

19 ene 2026, 8:28 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

TESIS AQQ-2025 11_11_25 (1)-2.docx

Tamaño del archivo

8.6 MB

7% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 12 palabras)

Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

7%	 Fuentes de Internet
0%	 Publicaciones
1%	 Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A Dios, por darme su sabiduría, fortaleza, salud y perseverancia para alcanzar esta meta.

*Con todo mi cariño, dedico este logro a mis padres, **Domingo** y **Fortunata**, por darme la vida y brindarme su apoyo incondicional. gracias a ustedes, he logrado llegar hasta aquí.*

*A mi pareja, **Karin Marleny**, y a mi amada hijita, **Kantu Brianna**, por ser mi mayor inspiración y motivo de alegría.*

*a mis queridos hermanos **Clemente**, **Maruja**, **Edgar**, **Yolanda**, **Maritza**, **David**, gracias por su confianza y por impulsarme a seguir adelante. También agradezco a mis amigos y amigas por acompañarme en cada paso y por su compañía inquebrantable.*

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco y a nuestra Facultad de Agronomía y Zootecnia, Escuela Profesional de Zootecnia.
- AL Ing. César Palomino Tinco, mi eterno agradecimiento, por brindarme su apoyo, sus consejos y enseñanza en mi vida cotidiana.
- Al M. Sc. Gardenia Tupayachi Solórzano, por su conocimiento, por brindarme su asesoramiento y orientación en el proceso experimento y en la culminación del presente trabajo de investigación.
- Deseo expresar mis agradecimientos a todo mis compañeros y amigos por su apoyo, con quienes compartimos lindos momentos en el aula y en las prácticas universitarias.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iv
RESUMEN	xiv
INTRODUCCIÓN	1
I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN	2
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN	2
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	3
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	3
II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN	4
2.1. OBJETIVOS	4
2.1.1. Objetivo general	4
2.1.2. Objetivo específico	4
2.2. JUSTIFICACIÓN	5
III. MARCO TEÓRICO	6
3.1. BASES TEÓRICAS	6
3.1.1. FISIOLOGÍA DIGESTIVA DE LAS ABEJAS	6
3.1.1.1. La boca	6
3.1.1.2. El esófago	7
3.1.1.3. El buche o bolsa melaría	7
3.1.1.4. El proventrículo	7
3.1.1.5. La faringe	7
3.1.1.6. El ventrículo	8
3.1.1.7. El proctodeo	8
3.1.1.8. El intestino grueso	8
3.1.1.9. Órganos rectales	9
3.1.1.10. Túbulos de Malpighi	9
3.1.2. Las glándulas	9
3.1.2.1. Glándulas hipofaríngeas	9
3.1.2.2. Glándulas mandibulares	10
3.1.2.3. Glándulas odoríferas o de Nasanoff	10

3.1.2.4. Glándulas cereras	10
3.1.2.5. Glándulas de veneno	11
3.1.3. CASTAS Y MORFOLOGÍAS DE LAS ABEJAS	11
3.1.3.1. La Reina	11
3.1.3.2. Anomalía de la puesta	12
3.1.3.3. Pluralidad de reina	12
3.1.3.4. Las Obreras	12
3.1.3.5. Los Zánganos	13
3.1.4. CICLO BIOLÓGICO DE LAS ABEJAS	13
3.1.4.1. Fase 1: El Huevo	13
a) Celdas estándar	13
b) Celdas más grandes	14
3.1.4.2. Fase 2: La Larva	14
3.1.4.3. Fase 3: La Pupa	14
3.1.4.4. Fase 4: Etapa Adulta	14
3.1.5. FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES DE LAS ABEJAS OBRERAS	15
3.1.6. ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN DE LAS ABEJAS	17
3.1.6.1. Alimentación	17
3.1.6.2. Nutrición	17
a) Nutrición de las abejas obreras	18
b) Nutrición de zánganos	18
c) Nutrición de la reina	18
3.1.7. Digestión de los alimentos	19
3.1.7.1. Digestión del polen	19
3.1.7.2. Digestión de la miel	20
3.1.8. Requerimientos nutricionales de las abejas	20
3.1.8.1. Carbohidratos	21
3.1.8.2. Proteínas	21
3.1.8.3. Vitaminas y aminoácidos	22
3.1.8.4. Minerales	23
3.1.8.5. Lípidos	23
3.1.9. Alimentos naturales de las abejas	24
3.1.9.1. Energéticos	24
3.1.9.2. Proteicos	24

3.1.9.3. Néctar	24
3.1.9.4. Polen	25
3.1.9.5. Jalea real	25
3.1.9.6. Agua	26
3.1.9.7. Resina	26
3.1.10. IMPORTANCIA DE LA ALIMENTACIÓN ARTIFICIAL	26
3.1.10.1. Tipos de alimentos artificiales para abejas	27
3.1.11. Alimentación sustitutiva o suplementaria de polen	28
3.1.12. Tipos de alimentación artificial	28
3.1.12.1. Alimentación de mantenimiento	28
3.1.12.2. Alimentación estimulante	29
3.1.13. Tipos de alimentadores	29
3.1.13.1. Alimentador sobre los panales	29
3.1.13.2. Alimentador vertical tipo marco Doolittle	29
3.1.13.3. Alimentador exterior tipo Boardman	30
3.1.13.4. Importancia de la proteína en la colonia	30
3.1.13.5. Pan de abeja	30
3.1.13.6. Reservas de alimentos en la colonia	30
3.1.13.7. La vitelogenina	31
3.1.13.8. Cuerpo graso	31
3.1.13.9. Déficit de proteína y estrés en la colmena	31
3.1.14. Necesidades alimenticias de las colmenas según las estaciones de año	32
3.1.14.2. Invierno	32
3.1.14.3. Primavera	33
3.1.15. MÉTODOS PARA EVALUAR EL DESARROLLO DE LAS ABEJAS	33
3.1.15.1. Relación entre el tamaño de las celdillas y la densidad de alveolos	33
3.1.15.2. La regla de Farrar	34
3.1.15.3. Categorización de colmenas	35
3.1.15.4. Medición de área de cría en el panal en la colonia	36
3.1.16. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO	36
3.1.16.1. Tipo de costos	37
3.1.16.2. Tipos de beneficio	37

3.2. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN	37
3.2.1. Antecedentes de investigación local	37
3.2.2. Antecedente de investigación nacional	38
3.2.3. Antecedentes de investigación internacional	39
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	41
4.1. ÁMBITO DE ESTUDIO	41
4.1.1. Ubicación política	41
4.1.2. Ubicación geográfica	41
4.1.3. Ubicación Hidrográfica	41
4.1.4. Características ecológicas	41
4.1.4.1. Condición climática	41
4.1.4.2. Flora in situ	42
4.1.5. Duración de la investigación	43
4.2. MATERIALES, INSUMOS Y EQUIPOS	43
4.2.1. Materiales de bioseguridad	43
4.2.2. Insumos alimenticios, aditivos y equipos	43
4.2.3. Materiales para la elaboración del suplemento	44
4.2.4. Material biológico	44
4.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	44
4.3.1. Tipo de investigación	44
4.3.2. Diseño de la investigación	44
4.3.3. Etapas de la investigación	45
4.3.3.1. Etapa pre experimental	45
4.3.3.2. Etapa de preparación	45
4.3.3.3. Etapa experimental	45
4.3.3.4. Instalación de colmena	45
4.3.3.5. Selección de colmenas madres	46
4.3.3.6. Formación de núcleos de abejas	46
4.3.3.7. Sanidad y bioseguridad	46
4.3.3.8. Distribución de tratamientos	47
4.3.3.9. Elaboración de dietas para la investigación	48
4.3.3.10. Evaluación de los valores nutricionales de las dietas	49
4.3.3.11. Procedimiento de preparación de la torta proteica.	50
4.3.3.12. Suministro y administración de torta proteica y jarabe	51

4.3.3.13. Desarrollo de las abejas	51
4.4. VARIABLES EVALUADAS	52
4.4.1. Crecimiento poblacional de las abejas	52
4.4.2. Dinámica de postura de las abejas reinas	53
4.4.3. Consumo de suplemento en colmena	53
4.4.4. Análisis de costo-beneficio de la alimentación del enjambre	53
4.4.4.1. Producción de abejas	54
4.4.4.2. Producción de panales con crías	54
4.4.4.3. Producción de cera	54
4.5. DISEÑO EXPERIMENTAL	55
V. RESULTADOS Y DISCUSIONES	56
5.1. CRECIMIENTO POBLACIONAL DE LAS ABEJAS	56
5.2. DINÁMICA DE POSTURA DE LAS ABEJAS REINAS	61
5.3. CONSUMO DE SUPLEMENTO EN LA COLMENA	67
5.4. ANÁLISIS DE COSTO-BENEFICIO DE LA ALIMENTACIÓN DEL ENJAMBRE	69
CONCLUSIONES	74
RECOMENDACIONES	75
BIBLIOGRAFÍA	76
ANEXOS	83

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Estadio de desarrollo de abejas	15
Tabla 2. Actividades realizadas por las abejas obreras según su edad.....	16
Tabla 3. Composición nutricional del polen	19
Tabla 4. Composición nutricional de la miel.....	20
Tabla 5. Aminoácidos esenciales en la dieta proteica de las abejas	22
Tabla 6. Requerimiento mínimo de aminoácidos de polen de abejas	25
Tabla 7. Composición química de la jalea real.....	26
Tabla 8. Tamaño de celdilla y densidad de alveolos por dm ²	34
Tabla 9. Regla de farrar	35
Tabla 10. Dietas empleadas en el estudio.	48
Tabla 11. Porcentaje de proteínas en la dieta.....	48
Tabla 12. Composición nutricional de las dietas, base seca.....	49
Tabla 13. Composición química de la torta proteica	50
Tabla 14. Crecimiento poblacional de las abejas por días	58
Tabla 15. Crecimiento total de abejas.....	59
Tabla 16. Dinámica de postura de las abejas reinas	63
Tabla 17. Consumo de torta proteica	67
Tabla 18. El análisis de costo del tratamiento.....	71
Tabla 19. El análisis de beneficio del tratamiento	72
Tabla 20. El análisis de beneficio / costo del tratamiento	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de vida de abejas	15
Figura 2. Mapa de ubicación de comunidad de Pataccolcca.....	42
Figura 3. Distribución de colmenas en forma aleatoria.....	47

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Formación de núcleos e inserción de reinas	83
Anexo 2. Imágenes generales de la ubicación e instalaciones implementadas en el experimento.....	84
Anexo 3. Imágenes de la elaboración de las dietas experimentales	85
Anexo 4. Imágenes de la administración de las dietas experimentales	86
Anexo 5. Imágenes de consumo de dietas experimentales.....	87
Anexo 6. Imágenes de evaluación de desarrollo vegetativa de la población de las abejas	88
Anexo 7. Imágenes de la producción a base de alimentación	89
Anexo 8. Dietas empleadas en el estudio, base fresca	90
Anexo 9. Valoración nutricional del alimento balanceado.....	90
Anexo 10. Prueba de distribución normal de los datos de población de abejas al 0 día	91
Anexo 11. Prueba de distribución normal de los datos de población de abejas al 14 día	92
Anexo 12. Prueba de distribución normal de los datos de población de abejas al 28 día	94
Anexo 13. Prueba de distribución normal de los datos de población de abejas al 42 día	96
Anexo 14. Prueba de distribución normal de los datos de población de abejas al 56 días.....	98
Anexo 15. Prueba de distribución normal de los datos de población de abejas al 70 días.....	99
Anexo 16. Prueba de distribución normal de los datos de población total de abejas	101
Anexo 17. Prueba de distribución normal de los datos de dinámica de postura de reina de día 0.....	103
Anexo 18. Prueba de distribución normal de los datos de dinámica de postura de reina de día 14.....	105
Anexo 19. Prueba de distribución normal de los datos de dinámica de postura de reina de día 28.....	106
Anexo 20. Prueba de distribución normal de los datos de dinámica de postura de reina de día 42.....	108

Anexo 21. Prueba de distribución normal de los datos de dinámica de postura de reina de día 56.....	110
Anexo 22. Prueba de distribución normal de los datos de dinámica de postura de reina de día 70.....	111
Anexo 23. Prueba de distribución normal de los datos de consumo de torta proteica	113
Anexo 24. Costos totales del tratamiento testigo.....	114
Anexo 25. Costos totales del tratamiento (T1).....	115
Anexo 26. Costos totales del tratamiento (T2).....	116
Anexo 27. Ingreso total del tratamiento testigo.....	116
Anexo 28. Ingreso total del tratamiento (T1).....	117
Anexo 29. Ingreso total del tratamiento(T2).....	117

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la influencia del uso de suplementos nutricionales formulados a base de levadura de cerveza, aminoácidos sintéticos, dextrosa y azúcar, durante los períodos de escasez de néctar y polen, sobre su comportamiento productivo y reproductivo. Se utilizaron 15 núcleos de abejas, con una población inicial promedio de 15760 individuos y 14812 celdas de cría abiertas/operculadas, distribuidos en tres tratamientos con cinco repeticiones cada uno, bajo un diseño completamente al azar (DCA). Los resultados demostraron que el tratamiento T2, suplementación con levadura de cerveza y aminoácidos sintéticos (33,17 % de proteína), generó un incremento significativo ($p<0.05$) en la productividad reflejando en un mayor crecimiento poblacional y en la ovoposición de las reinas, superando al tratamiento T1 (levadura de cerveza, 29.52 % de proteína) y al grupo testigo. La variación en el contenido proteico no afectó significativamente el consumo de torta proteica, manteniéndose la palatabilidad y el aporte energético entre tratamientos. Desde el punto de vista económico, el T2 resultó la opción más rentable, con el mayor beneficio neto y relación ingreso-costo, siendo la más recomendada para optimizar el rendimiento de producción y el manejo de colmenas.

Palabras clave: Aminoácidos, Parámetros Productivos y Reproductivos, Torta Proteica, Abejas

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the influence of the use of nutritional supplements formulated with brewer's yeast and synthetic amino acids in the feeding of bees during the lean season on their productive and reproductive performance. Fifteen bee nuclei were used, with an average initial population of 15,760 individuals and 14,812 open/capped brood cells, distributed in three treatments with five replicates each, under a completely randomized design (CRD). The results showed that treatment T2, supplementation with brewer's yeast and synthetic amino acids (33.17% protein), generated a significant increase ($p < 0.05$) in productivity reflected in greater population growth and oviposition of queens, surpassing treatment T1 (brewer's yeast, 29.52% protein) and the control group. The variation in protein content did not significantly affect protein cake consumption, maintaining palatability and energy intake between treatments. From an economic perspective, T2 proved to be the most profitable option, with the highest net benefit and revenue-to-cost ratio, and is the most recommended for optimizing production performance and hive management.

Keywords: Amino acids, Productive and Reproductive Parameters, Protein cake, Bees

INTRODUCCIÓN

La apicultura es el arte de criar y mantener abejas con el objetivo de obtener productos como miel, cera, polen y jalea real, así como beneficios indirectos, como la polinización. Es una Ciencia aplicada que estudia la abeja melífera y, mediante el uso de moderna tecnología, que permita obtener un beneficio económico de esta actividad (Hostos, 2020).

Las abejas requieren una amplia variedad de nutrientes para garantizar su crecimiento y desarrollo. Entre estos se incluyen proteínas, carbohidratos, minerales, grasas-lípidos, vitaminas y agua (Castillanos, 2020).

En la región del Cusco, muchos pequeños y medianos apicultores no proporcionaron alimentación suplementaria a sus colmenas antes del período de floración. Como consecuencia, las colonias que lograron sobrevivir a las etapas más críticas presentaron una población reducida y, al inicio de la floración, mostraron una recuperación lenta, lo que ocasionó la pérdida de valiosos días que debieron destinarse a la recolección de recursos alimenticios.

Ante esta situación, se vuelve fundamental complementar la dieta de las abejas durante los períodos de escasez mediante el suministro de alimentos suplementarias, los cuales pueden cumplir una doble función: servir como sustento básico para la supervivencia de la colonia y actuar como estímulo para favorecer a la postura, la cría y a la actividad recolectora.

Debido a esta problemática, los apicultores buscan alternativas de nutritivas que promuevan el crecimiento y fortalecimiento de las colonias a un costo razonable. El objetivo principal es garantizar una cosecha abundante que genere ingresos superiores a los costos de producción y, de esta manera, asegurar la sostenibilidad y continuidad de la actividad apícola. El propósito del presente estudio fue identificar fuentes nutritivas viables que permitan minimizar el impacto nutricional negativo causado por la escasez de alimento, consecuencia de la limitada disponibilidad de néctar y polen en el campo. Para ello, se evaluó la suplementación con diferentes alternativas proteicas y energéticas, entre las que se incluyen levadura de cerveza, dextrosa, azúcar, aminoácidos sintéticos y vitaminas.

I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

La apicultura en la región del Cusco es una actividad económica que viene siendo promovida por diversas instituciones gubernamentales, tales como las municipalidades distritales, la Dirección Regional de Agricultura y Riego del Cusco, el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, el Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social (FONCODES), entre otras. Sin embargo, esta actividad enfrenta actualmente diversos factores desfavorables que impiden el incremento sostenido de la producción de productos apícolas.

En los últimos años, los cambios climáticos han provocado alteraciones en los ciclos de floración de la cobertura vegetal, lo que genera incertidumbre respecto al momento y duración de las floraciones de las especies vegetales de interés apícola. Debido a este comportamiento irregular, se hace imprescindible suplementar o alimentar a las colonias de abejas para garantizar su normal desarrollo. La alimentación adecuada de las abejas durante los distintos períodos de producción y reproducción es fundamental, especialmente en épocas de escasa o nula floración, como ocurre al final de la cosecha (invierno). En estas condiciones, la suplementación alimenticia evita la mortalidad por inanición y contribuye a mantener la vitalidad de las colonias. La búsqueda de alternativas nutricionales, como el uso de suplementos o sustitutos alimenticios, resulta esencial para asegurar la supervivencia de los enjambres. La deficiencia de polen durante determinadas épocas del año conlleva una menor producción de miel, debido al cese de postura de la reina y a la inadecuada nutrición de las abejas nodrizas y adultas. Asimismo, la suplementación permite reducir la mortalidad y el debilitamiento de las colonias durante el período de estiaje, mejorando significativamente la productividad apícola. El uso de suplementos proteicos incrementa la cantidad de crías, acelera el ritmo de crecimiento de la colonia y aumenta el número de panales con cría, generando un impacto positivo en la producción y sostenibilidad de la actividad apícola.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo influye el uso de suplementos nutricionales (formulado en base de levadura de cerveza, aminoácidos sintéticos, dextrosa y azúcar) en la nutrición de abejas durante la época de escasez de floración en las condiciones del distrito de Cusipata??

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cómo es el crecimiento de la población de abejas obreras como consecuencia de suplementos en épocas más críticas?
- ¿Cómo Determinar el incremento del ritmo de postura diaria de las reinas en las colonias de abejas?
- ¿Cómo Evaluar la cantidad de consumo de suplementos por colmena?
- ¿Cómo determinar el efecto costo-beneficio de la suplementación nutritiva del enjambre?

II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

2.1. OBJETIVOS

2.1.1. Objetivo general

Evaluar la influencia del uso de suplementos nutricionales (formulado en base de levadura de cerveza, aminoácidos sintéticos, dextrosa y azúcar) en la nutrición de abejas durante la época de escasez de floración en las condiciones del distrito de Cusipata.

2.1.2. Objetivo específico

- Evaluar el crecimiento de la población de abejas obreras como consecuencia de suplementos en épocas más críticas.
- Determinar el incremento del ritmo de postura diaria de las reinas en las colonias de abejas.
- Evaluar la cantidad de consumo de suplementos por colmena.
- Determinar el efecto costo-beneficio de la suplementación nutritiva del enjambre.

2.2. JUSTIFICACIÓN

En el presente estudio se evaluó el uso de suplementos alimenticios en la nutrición de abejas durante la época de escasez, abarcando el periodo de desarrollo y mantenimiento de la población de la colonia. Ambas etapas resultan de gran relevancia en la crianza de los enjambres, pues de su adecuada gestión depende en gran medida el éxito de la producción apícola. Por otro lado, los estudios existentes sobre la alimentación de abejas suelen basarse en el contenido de proteína cruda, y no en el perfil de aminoácidos, debido a la limitada información disponible sobre los requerimientos específicos de estos nutrientes durante los procesos de reproducción y producción, especialmente en las líneas genéticas actuales.

La dieta de las abejas se basa principalmente en el consumo del polen y miel natural, sin embargo, durante la época de estiaje, la disponibilidad y valor nutritivo de estos alimentos disminuye. En los últimos años, esta situación se ha agravado debido a factores meteorológicos desfavorables, un entorno inadecuado y un manejo deficiente.

Las condiciones climáticas adversas del tales, como lluvia persistente y granizada, sequias prolongadas, heladas tempranas, altas temperaturas y el cambio climático en general, afecta la secreción de néctar en las floraciones estacionales. Esto dificulta o incluso imposibilita la actividad de las abejas.

Además, las prácticas de manejo pueden alterar el ciclo de las colonias, ya sea para adelantar el crecimiento de la cría en primavera, fortalecer la población para la invernada o potenciar líneas de producción específicas, como la cría de reinas, la obtención de jalea real, la polinización y la recolección de polen, para lograr estos objetivos, en ocasiones es necesario suplementar la alimentación de las colmenas con reservas adicionales.

Esta investigación se considera de gran importancia para los apicultores de la localidad y la región, ya que proporcionará nuevos conocimientos sobre el manejo adecuado y la suplementación nutricional de los enjambres, contribuyendo así a su sostenibilidad y productividad.

III. MARCO TEÓRICO

3.1. BASES TEÓRICAS

3.1.1. FISIOLOGÍA DIGESTIVA DE LAS ABEJAS

El sistema digestivo de las abejas adultas es relativamente simple y está conformado por una serie de órganos que participan en la ingestión, almacenamiento, digestión y excreción de los alimentos. Entre ellos se distinguen la boca, la faringe, el esófago, el buche o “estómago melario” y el proventrículo, seguidos por el ventrículo o estómago verdadero, así como los intestinos delgado y grueso. Además, el aparato digestivo incluye los túbulos de Malpighi, las glándulas labiales del tórax y la cabeza, las glándulas hipo faríngeas y los órganos rectales (Corona Apicultores, 1017).

La función principal del aparato digestivo de la abeja es el procesamiento de los alimentos. Durante este proceso intervienen diversos órganos. En la boca, el alimento se mezcla con la saliva secretada por las glándulas salivales, iniciando así la digestión. Posteriormente, pasa al buche o “estómago de la miel”, donde el néctar comienza su transformación en miel. Una parte de este alimento es transportada al estómago verdadero, donde se combina con los jugos gástricos para continuar el proceso digestivo, mientras que otra porción del néctar es regurgitada por la abeja y depositada en las celdas del panal para su maduración y almacenamiento. Desde el estómago verdadero, los nutrientes digeridos pasan al intestino delgado, donde las enzimas y los túbulos de Malpighi los descomponen en sustancias asimilables para los tejidos del organismo. Finalmente, los desechos del proceso digestivo llegan al recto y son expulsados por el ano (Corona Apicultores, 2017).

3.1.1.1. La boca

La boca constituye la primera parte del aparato digestivo de la abeja y está formada por diversas estructuras, entre las que se incluyen el labro o labio superior, la lengua o glosa, los palpos linguales y las mandíbulas, entre otras. Este aparato bucal es de tipo lamedor chupador, lo que le permite absorber líquidos y, al mismo tiempo, manipular ciertos alimentos sólidos con ayuda de las mandíbulas. Además, estas estructuras cumplen funciones adicionales de gran importancia, como la

construcción de panales, el acicalamiento de la colmena y la defensa de la colonia. (Corona Apicultores, 2017).

3.1.1.2. El esófago

El esófago es un tubo largo y simple que comienza en la faringe, atraviesa el tórax y finaliza en la base del abdomen, donde se expande para formar el buche (Corona Apicultores, 2017).

3.1.1.3. El buche o bolsa melaría

El buche es una expansión situada en el extremo posterior del esófago, cuya función principal es almacenar el néctar o el agua recolectados por las abejas en las flores para transportarlos a la colonia. Su capacidad máxima puede alcanzar aproximadamente 100 mg de néctar; sin embargo, en promedio, una abeja transporta entre 20 y 40 mg. Además de su papel como órgano de transporte, el buche participa en la mezcla del néctar con pequeñas cantidades de polen y con las secreciones de las glándulas salivares, lo que constituye el inicio del proceso de transformación del néctar en miel (Vivas, 2014).

3.1.1.4. El proventrículo

El proventrículo tiene la función de regular el tránsito del alimento que ingresa entre el buche y el ventrículo, por lo que actúa como una válvula de control y esta sección aunque es pequeña, cumple un papel clave en el proceso digestivo; además su parte delantera se introduce ligeramente en el interior del buche, donde se distingue una abertura en forma de cruz que está conformada por cuatro membranas de disposición triangular. Esta estructura cumple una función de filtrado, ya que permite retener el néctar o la miel en el buche, mientras regula el ingreso de partículas sólidas y polen hacia el ventrículo para su digestión (Vivas, 2014).

Los bordes del proventrículo están recubiertos de hilares de pelillos que desempeñan un papel clave en el sistema inmunológico de las abejas, evitando el paso de microorganismo patojeándose (Corona Apicultores, 2017).

3.1.1.5. La faringe

La faringe es un Músculo que facilita el movimiento del labio y actúa como una bomba succionadora de néctar, agua o miel. Asimismo, desempeña un papel fundamental en la regurgitación de estos líquidos. (Corona Apicultores, 2017).

3.1.1.6. El ventrículo

El ventrículo, también denominado estómago funcional o “estómago verdadero”, constituye el principal órgano digestivo de las abejas. Ocupa gran parte de la cavidad abdominal y se caracteriza por presentar numerosos anillos o constricciones dispuestos muy próximos entre sí. En esta sección se lleva a cabo la digestión enzimática y la absorción de los nutrientes provenientes de los alimentos, desempeñando un papel esencial en el metabolismo y en el mantenimiento de la vitalidad de la colonia. Las células que revisten su membrana interior secretan las enzimas necesarias para la digestión (Corona Apicultores, 2017), en el ventrículo se lleva a cabo la digestión absorción del material alimenticio. (Vivas, 2014).

3.1.1.7. El proctodeo

El proctodeo corresponde a la parte final del tubo digestivo y se encuentra formado por tramos principales que son, el intestino delgado y detrás de este el intestino grueso o recto; además, entre el ventrículo y el intestino delgado se ubica el píloro que es una válvula cuya función es controlar el paso de alimentos hacia una porción posterior; de ese modo el píloro regula cuándo lo que sale del ventrículo puede continuar su procesamiento en el intestino, donde se completa la digestión y se gestionan los desechos. En esta región se continúa el proceso de digestión y absorción de nutrientes, mientras que el intestino grueso se especializa en la acumulación y compactación de los desechos hasta su eliminación (Corona Apicultores, 2017).

3.1.1.8. El intestino grueso

El intestino grueso contiene los órganos rectales, cuya función principal es la absorción de agua. Presenta una estructura semejante a una bolsa con varios pliegues longitudinales, lo que le permite contraerse o expandirse en función de la cantidad de contenido intestinal. En el recto se acumulan tanto los residuos resultantes de la digestión como las excreciones procedentes de los tubos de Malpighi, especialmente durante el invierno o en épocas lluviosas, cuando las abejas no pueden abandonar la colmena para defecar (Corona Apicultores, 2017).

3.1.1.9. Órganos rectales

En el epitelio del intestino grueso se localizan tres pares de órganos rectales, cuya función principal es la absorción de agua del recto. Además, participan en la absorción de otros compuestos, como grasas, hierro, cloruro de sodio y diversas sales minerales, contribuyendo así al equilibrio osmótico y al aprovechamiento máximo de los nutrientes disponibles (Corona Apicultores, 2017).

3.1.1.10. Túbulos de Malpighi

Los tubos de Malpighi son estructuras excretoras presentes en ciertos insectos, incluidas las abejas. Están formados por aproximadamente un centenar de tubos largos y sinuosos que se enrollan alrededor de las vísceras y se conectan directamente al tracto digestivo. Su función principal consiste en absorber agua, sales minerales y productos de desecho de la hemolinfa, contribuyendo a la excreción y al mantenimiento del equilibrio osmótico del organismo (Corona Apicultores, 2017).

3.1.2. Las glándulas

3.1.2.1. Glándulas hipofaríngeas

Las glándulas hipofaríngeas se encuentran en la cabeza de las abejas obreras y presentan forma esférica. Estas glándulas alcanzan su mayor desarrollo durante la etapa de nodrizas, ya que en este periodo secretan la jalea real destinada a la alimentación de las larvas y de la reina. En contraste, en la reina son rudimentarias y en los zánganos están ausentes. Las células secretoras se agrupan en racimos y vierten su secreción en la parte inferior de la faringe a través de un conducto central. Cabe destacar que en esta zona puede acumularse el virus de la cría sacciforme, lo que resalta su importancia también en el ámbito sanitario de la colonia (Sánchez, 2013). El producto de la secreción de las glándulas hipofaríngeas es fundamental en la alimentación de las larvas durante sus primeros tres días de vida, así como en la dieta exclusiva de la reina a lo largo de toda su existencia. Esta sustancia recibe el nombre de jalea real. Con el envejecimiento de las obreras, dichas glándulas pierden funcionalidad, reducen su volumen y modifican su actividad secretora, pasando a producir invertasa, una enzima esencial en la descomposición de los azúcares del néctar durante el proceso de elaboración de la miel (Llorente, 2008).

3.1.2.2. Glándulas mandibulares

Las glándulas mandibulares se localizan en la cabeza de las abejas obreras y de la reina, mientras que en los zánganos están ausentes. Su conducto excretor desemboca directamente en el interior de las mandíbulas, lo que permite que sus secreciones se mezclen con las sustancias manipuladas por estos órganos. (Sánchez, 2013). En las abejas obreras, las glándulas mandibulares contribuyen a la producción de una fracción de la jalea real destinada a la alimentación de las larvas. En la reina, en cambio, secretan una feromona esencial para el mantenimiento de la cohesión social de la colonia. Esta feromona cumple múltiples funciones, entre ellas: aglutinar a las obreras en torno a la reina, inhibir la construcción de realeras y atraer a los zánganos durante los vuelos de apareamiento (Llorente, 2008).

3.1.2.3. Glándulas odoríferas o de Nasanoff

Se encuentra en parte superior del abdomen e intervienen en la comunicación a través de una feromona, para las abejas perdidas para guiar a las pecoreadoras, hacia una fuente de alimento, es decir coordinar los movimientos del enjambre para transmitirse el olor, las abejas exponen la glándula y mueven sus alas vigorosamente, la reina no posee esta glándula (Sánchez, 2013).

3.1.2.4. Glándulas cereras

Las glándulas cereras se localizan en la parte anterior de las esternitas de los segmentos cuarto a séptimo del abdomen de las abejas obreras. En total, se encuentran presentes cuatro pares de glándulas, uno en cada segmento, cuya secreción da origen a las escamas de cera utilizadas en la construcción y reparación de los panales. Cada esternita presenta dos áreas de color claro llamada “espejos de la cera”, que contienen poros a través de los cuales se secreta la cera en forma de una sustancia grasa. Estas glándulas están ubicadas en la parte interna de cada esternita. Cada esternita presenta dos áreas de color claro denominadas “espejos de la cera”, en cuya superficie se encuentran numerosos poros a través de los cuales se secreta la cera en forma de una sustancia grasa. Las glándulas cereras se ubican en la cara interna de cada esternita y son las responsables de la producción de este material, que posteriormente se solidifica en pequeñas escamas (Sánchez, 2013).

Las escamas de cera presentan una forma de pentágono irregular y son de tamaño extremadamente reducido, con un peso aproximado de 0,0008 gramos cada una. Para producir un kilogramo de cera se requieren alrededor de 1,25 millones de escamas. Solo las abejas obreras cuentan con glándulas cereras, las cuales inician su funcionamiento alrededor del duodécimo día de vida, cuando las obreras comienzan sus labores como pecoreadoras. La producción de cera implica un elevado gasto energético, ya que las abejas deben consumir grandes cantidades de polen y miel. En colmenas debilitadas, la elaboración de un kilogramo de cera puede requerir hasta 15 kilogramos de miel y polen, mientras que en colmenas fuertes esta demanda se reduce a aproximadamente 10 kilogramos de estos recursos (Llorente, 2008).

3.1.2.5. Glándulas de veneno

Las abejas producen veneno a través de glándulas especializadas, cuya función principal es la defensa de la colonia. En el caso de la reina, este veneno también se emplea en la lucha contra otras reinas rivales. La inoculación se produce cuando la abeja clava su aguijón en el organismo agresor, liberando el contenido de las glándulas. Cabe señalar que la producción de veneno alcanza su máximo nivel en los primeros días de vida de las obreras y disminuye progresivamente hasta cesar alrededor del decimoctavo día (Sánchez, 2013).

3.1.3. CASTAS Y MORFOLOGÍAS DE LAS ABEJAS

El desarrollo de las abejas (reinas, obreras y zánganos) comprende cuatro etapas fundamentales: huevo, larva, ninfa o pupa, y adulto o imago. Tanto las obreras como la reina se originan a partir de huevos fértiles, mientras que los zánganos provienen de huevos no fecundados y se desarrollan en celdas específicas dentro de la colmena. Para garantizar el crecimiento adecuado de los embriones, resulta esencial mantener condiciones óptimas dentro de la colonia, especialmente una temperatura entre 34 y 36 °C y una humedad relativa entre 65 % y 75 %. Estos factores ambientales, regulados por las propias abejas, son determinantes para la supervivencia y correcto desarrollo de la cría (Prost et al., 2007).

3.1.3.1. La Reina

La reina es la madre de todas las abejas y tiene dos funciones principales: la puesta de huevos y la producción de feromonas real, Que garantiza la cohesión de la

colonia. Estas feromonas actúan como un pegamento social, fortaleciendo la unidad de la colmena y regulando aspectos fisiológicos y de comportamiento en las obreras. (Prost et al., 2007).

Su apariencia es diferente a las demás abejas, ya que su cuerpo es más largo. Posee un aguijón curvo y listo (retráctil), que solo usa en enfrentamientos con otras reinas. Se mueve lentamente, pero es muy activa, llegando a poner alrededor de 1,500 huevos diarios. Las reinas depositan dos tipos de huevos: fecundados y no fecundados. De los primeros nacen obreras, mientras que de los segundos emergen zánganos (Sánchez, 2013).

3.1.3.2. Anomalía de la puesta

Una reina zanganera solo pone huevos de zángano, es decir, óvulos no fecundados. Esto ocurre cuando, en una colonia pequeña, la reina joven no ha podido aparearse antes de iniciar la puesta. En esto case zángano. También puede ocurrir que se observen varios huevos en celda de obreras, lo que indica la presencia de una reina arrhenotóxica (Prost et al., 2007).

3.1.3.3. Pluralidad de reina

En algunas colonias pueden coexistir dos o más reinas. Cuando se produce una sustitución, la reina madre puede pasar el invierno junto a su hija, que ya ha sido fecundado (Prost et al., 2007).

3.1.3.4. Las Obreras

Las abejas obreras son hembras imperfectas, incapaces de reproducirse debido a la atrofia de su aparato reproductor. En una colmena pueden encontrarse entre 30 000 y 80 000 obreras, según el tipo y la fortaleza de la colonia. La duración de su vida está estrechamente relacionada con la estación: durante el invierno pueden vivir varios meses, mientras que en verano su longevidad se reduce a 30 a 40 días debido a la intensa actividad que desempeñan. Las obreras cumplen diversas funciones esenciales para la supervivencia de la colonia. En sus primeras etapas de vida se dedican a la alimentación de la cría, y conforme maduran asumen labores de recolección de néctar, mielato, polen, agua y propóleos, además de participar en la limpieza, defensa y mantenimiento de la colmena (Prost et al., 2007).

3.1.3.5. Los Zánganos

Los zánganos se originan a partir de huevos no fecundados y presentan un tamaño mayor que las obreras. Se caracterizan por poseer un abdomen más ancho y de aspecto cuadrado, ojos grandes y contiguos, así como la ausencia de aguijón. Su función principal consiste en aparearse con las nuevas reinas y, en menor medida, contribuir al calentamiento de la cría dentro de la colmena. Alcanzan la madurez sexual entre los 10 y 12 días de vida y son criados por las obreras únicamente en períodos de abundancia de néctar y polen, cuando la colonia dispone de recursos suficientes para sostenerlos (Franco, 2016).

3.1.4. CICLO BIOLÓGICO DE LAS ABEJAS

El tiempo que tarda una abeja en desarrollarse desde que es puesta como un huevo hasta que llega a ser adulta no siempre es uniforme o se presenta en todos los casos, pues esto depende del tipo de abeja, es decir de si es la reina, obrera o zángano; además, este proceso de transformación se divide en cuatro etapas que son consecutivas: Primero es huevo, luego larva, después pupa y finalmente se convierte en una adulta y las variaciones de tiempo que se presentan en cada etapa se deben a las funciones que realiza cada tipo de abeja dentro de la colmena:

- Los zánganos completan su ciclo de vida en 24 días.
- Las abejas obreras requieren 21 días.
- Las reinas alcanzan la adultez en solo 16 días (Rothschuh, 2022).

3.1.4.1. Fase 1: El Huevo

El ciclo de vida de la abeja se inicia cuando la reina deposita un huevo en cada celda del panal (Rothschuh, 2022). En cuanto a las reinas, se distinguen dos tipos:

a) Celdas estándar

El ciclo de vida de la abeja comienza cuando la reina deposita un huevo en cada celda del panal. En este proceso, la reina coloca huevos fertilizados que darán origen a las abejas obreras, mientras que los huevos no fecundados producirán zánganos (Rothschuh, 2022).

b) Celdas más grandes

Donde la reina deposita huevos no fertilizados mediante un proceso llamado partenogénesis, del cual nacerán los zánganos (Romero, 2024).

3.1.4.2. Fase 2: La Larva

Tres días después de que la reina pone los huevos, estos se transforman en larva. Estas tienen una forma curva y son de color blanco. Aunque al principio son muy pequeñas, crecen rápidamente hasta alcanzar hasta cinco veces su tamaño original. Durante esta etapa, las abejas obreras las alimentan con una mezcla de miel, polen y jalea real (Hernández, 2014).

3.1.4.3. Fase 3: La Pupa

En esta fase, la larva comienza a desarrollar la forma de una abeja, formando gradualmente patas, alas y ojos. A lo largo de 12 días, sus estructuras se transforman hasta convertirse en una abeja adulta, lista para salir de la celda (Rothschuh, 2022).

3.1.4.4. Fase 4: Etapa Adulta

Doce días después de que inicia la fase de pupa, la abeja está completamente desarrollada. En este punto, se convierte en una abeja adulta y comienza a romper la capa de cera para salir (Rothschuh, 2022).

Figura 1

Ciclo de vida de abejas



Ciclo de vida de la abeja obrera

© Enciclopedia Británica

(Corona Apicultores, 2021)

Tabla 1

Estadio de desarrollo de abejas

Periodo	Característica del periodo y tipo de nutrición	Duración del Periodo		
		Reina	Obrera	Zángano
Huevo	Cría	3 días	3 días	3 días
Larva	Abierta	5 días	3 días	3 días
	alimento larval		3 días	3 días
Pre-pupa	Cría operculada	1 Dia	2 días	1.5 Días
	hilado del capullo	2 días	2 días	3 días
Pupa	receso	4 días	8 días	10 días
Total	metamorfosis	15 días	21 días	24 días
Nacimiento		Dia 15	Dia 21	Dia 24
Adulto		3-4 Años	40 días	7-8 Meses

Fuente: Romero (2024)

3.1.5. FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES DE LAS ABEJAS

OBRERAS

Desde su nacimiento, las abejas obreras empiezan a desempeñar diversas tareas dentro de la colmena. Sus actividades están previamente determinadas y

evolucionan con el tiempo. Durante un periodo de 21 días, adquieren la madurez necesaria para realizar funciones esenciales en la colonia. (Corona Apicultores, 2013).

Tabla 2

Actividades realizadas por las abejas obreras según su edad

A partir del día	Actividad	Función
2° al 3° día	Se encarga de la limpieza y el orden de la colmena, desinfectando las celdas, regulando la humedad y temperatura de los huevos y larvas.	organizadoras y limpiadoras.
4° al 12° día	Su labor cambia a la de alimentadoras y nodrizas, proporcionando una mezcla de jalea real y polen, rica en proteína y nutrientes, tanto a la abeja reina como a las larvas en crecimiento.	alimentadora, nodrizas, enfermera
13° al 18° día	Asumen la función de arquitecta y constructoras, utilizando la cera de abejas que producen para construir meticulosamente las celdas hexagonales que forman los panales.	Arquitectas constructoras expertas.
19° al 20° día	Su responsabilidad es proteger la colmena de posibles amenazas, patrullando la entrada y el perímetro para detectar intrusos como avispas u otros insectos. En esta fase, actúa como defensores y garantes de la seguridad de la colmena	protectoras, seguridad, defensor.
21° al 20° día	Las abejas comienzan a salir de la colmena para recolectar agua, néctar y polen, esenciales para la polinización de las flores. En esta etapa, cumple roles de exploradoras, acopiadoras y transportadoras.	exploradoras. Acopiadoras, trasportadoras
del 38° al 42° día	Finalmente, dependiendo del desgaste físico y de las horas de trabajo, las abejas mueren fuera de la colmena, evitando así la acumulación de cuerpos dentro de ella. Este ciclo de vida resalta la organización y eficiente del trabajo en una colmena, asegurando su supervivencia y desarrollo.	exploradoras.

Fuente: Sánchez (2013)

3.1.6. ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN DE LAS ABEJAS

3.1.6.1. Alimentación

En las abejas, la dieta es muy importante y cumple un papel clave ya que es la principal fuente de energía y nutrientes que son necesarios para el crecimiento y el desarrollo; además, su alimentación se basa principalmente en miel que es una fuente rica en azúcares y también polen que aportan proteínas y es a través de estos recursos naturales que las abejas logran mantener sus funciones vitales y asegurar la continuidad de la colonia (Cobo, 1977).

3.1.6.2. Nutrición

El objetivo que tiene la nutrición es garantizar que el cuerpo tenga un buen funcionamiento, favorezca la salud y reduzca el riesgo de padecer enfermedades y para ello, este campo de estudio se dedica a analizar cómo se mantienen en equilibrio los procesos internos que tienen funcionamiento en el cuerpo, desde el nivel más pequeño que son las moléculas, hasta el funcionamiento de los sistemas en su totalidad (Argüello, 2014).

En el plano macro-sistémico, la nutrición abarca procesos como la digestión, absorción, metabolismo y eliminación de sustancias. En el nivel molecular o micro-sistémico, intervienen diversos elementos esenciales, entre ellos enzimas, vitaminas, minerales, aminoácidos, glucosa, transportadores químicos, así como mediadores bioquímicos y hormonales. (Argüello, 2014)

Para poder mantener sus funciones principales o vitales, las abejas presentan dependencia de una dieta que aporta los nutrientes que son primordiales, ya que estas no generan de manera independiente la energía ni la materia que precisan, sino que las transforman de aquellas fuentes de alimento que consumen y dentro de estas sustancias que son importantes, se encuentran los azúcares, las proteínas, las grasas, así como el agua y los minerales, todos ellos son necesarios para que puedan sobrevivir y tengan un buen desempeño dentro de la colmena (Vivas, 2013).

El polen constituye una fuente fundamental de aminoácidos esenciales, indispensables para la síntesis de péptidos antimicrobianos. Asimismo, activas rutas metabólicas y modula la expresión de genes asociados con la longevidad, la respuesta inmune y la detoxificación de pesticidas. Por su parte, el néctar y la miel

aportan la energía necesaria para activar las respuestas humorales y celulares, además de contener metabolitos secundarios con propiedades antimicrobianas (Pajuelo, 2024).

Una nutrición deficiente en las abejas se ha asociado con problemas como el desarrollo insuficiente de órganos, la reducción de la longevidad y una mejor capacidad para reparar células y glándulas. Sin embargo, estos efectos negativos pueden mitigarse con prácticas de manejo adecuadas (Pajuelo, 2024).

a) Nutrición de las abejas obreras

A diferencia de la reina, las abejas obreras consumen miel y polen, lo que les proporciona energía y proteínas, respectivamente.

- Entre 1 y 2 horas después de nacer, comienzan a consumir polen.
- A las 12 horas, el 50% de las abejas jóvenes ingieren pequeñas cantidades de polen.
- A los 5 días, alcanzan su consumo máximo de polen, aunque sigue siendo en pequeñas cantidades.
- Su crecimiento se activa cuando inician el consumo de polen, lo que influye en el desarrollo de las glándulas hipofaríngea, los cuerpos grasos y los órganos internos (Vivas, 2014).

b) Nutrición de zánganos

La nutrición de los zánganos es similar a la de las obreras, ya que también requieren tanto energía como proteínas para su desarrollo y supervivencia. Durante los primeros 1 a 8 días de vida, son alimentados por abejas nodrizas mediante una mezcla de secreciones glandulares, polen y miel. Transcurrida esta etapa inicial, su dieta se basa principalmente en miel, aunque de manera ocasional pueden recibir alimento suministrado por las obreras (Vivas, 2013).

c) Nutrición de la reina

La abeja reina es el único individuo de la colmena que presenta una nutrición diferenciada, debido al gran desgaste energético que implica su función de postura. A lo largo de su vida, la abeja reina se alimenta de jalea real, una sustancia que es rica en proteínas y azúcares, esto le permite mantener una buena actividad reproductiva y asegurar la continuidad de la colmena. En condiciones de

aislamiento, como en jaulas de transporte, las reinas pueden ser alimentadas con candy (mezcla de azúcar impalpable y miel) y disponer de suficiente agua, recurso indispensable para su supervivencia.

Son estas condiciones, las que sí son adecuadas, permiten que las abejas reinas tengan una mayor resistencia y logren mantenerse con vida por más de dos semanas; además, cuentan con la capacidad de seguir con su alimentación durante un tiempo que puede extenderse hasta por 48 días, esto garantiza que sus funciones continúen dentro de la colmena. Una colmena bien nutrida asegura que la reina mantenga un elevado nivel de vitelogenina, proteína clave para la reproducción y la longevidad (Vivas, 2013).

3.1.7. Digestión de los alimentos

3.1.7.1. Digestión del polen

El polen es rico en proteínas, aminoácidos libres, lípidos, vitaminas y elementos inorgánicos. Es polvo fino que contiene los gametos masculinos de las flores, alojados en las anteras de los estambres. Las abejas lo recolectan en forma de pequeños granos y lo transportan a la colmena (Nieve, 2022).

Su composición varía según la planta de origen, pudiendo contener entre un 7% y un 35% de proteína. Por esta razón, las abejas necesitan consumir una mezcla de polen de distintas especies vegetales para obtener una nutrición equilibrada. La ausencia de polen afecta la producción de jalea real y cera en la colmena. (Gómez, 2018)

Se considera la siguiente composición media del polen al momento de su entrada en la colmena.

Tabla 3

Composición nutricional del polen

Agua	Azúcares	Proteínas	Grasa	Sales minerales	Fibras	Vitaminas
25.00%	35%	20%	6%	1,5%	5%	B, C

Fuente: (Gómez, 2018)

3.1.7.2. Digestión de la miel

Los hidratos de carbono de la miel están compuestos principalmente por tres azúcares: Sacarosa, glucosa y fructosa. Este producto dulce es elaborado por las abejas a partir del néctar de las flores (Nieve, 2022).

La miel permite a las abejas desempeñar diversas funciones motoras, como volar, caminar y moverse). Además, es fundamental para la termorregulación de la colonia, ya que ayuda a producir calor y facilita la ventilación. También cumple un papel esencial en la construcción del panal, ya que la cera se produce en las glándulas cereras a partir de los hidratos de carbono de las dietas (Gómez, 2018).

A continuación, se presenta la composición nutricional promedio de la miel:

Tabla 4

Composición nutricional de la miel

Agua	Azúcares			Sales minerales	Proteínas	Vitaminas
	Glucosa	Fructosa	Sacarosa			
Aromas						
17%	31%	38%	2%	0,5%	0.10%	0.30%

Fuente: (Gómez, 2018)

3.1.8. Requerimientos nutricionales de las abejas

Para desarrollar sus funciones vitales y garantizar la perpetuidad de la especie, las abejas requieren una alimentación balanceada que aporte proteínas, carbohidratos, minerales, grasas y vitaminas. Estos nutrientes provienen principalmente del néctar, el polen y el agua. Las proteínas son indispensables para la alimentación de las larvas, el desarrollo integral de las abejas jóvenes y los procesos de reparación celular en individuos adultos. En este sentido, el polen constituye la principal fuente proteica y mineral, además de proporcionar lípidos y vitaminas esenciales para el adecuado funcionamiento y mantenimiento de la colonia (Pudasaini et al., 2020).

Anualmente, una colmena necesita entre 20 y 40 kg de polen para cubrir sus requerimientos nutricionales. según su contenido proteico, el polen se clasifica en dos tipos: aquel que no contribuye al crecimiento y desarrollo de la colonia (con un contenido de proteína cruda igual o inferior al 20%) y el que si favorece su

fortalecimiento. Finalmente, el comportamiento y la biología de las abejas les permite ser autosuficientes, logrando obtener su propio alimento de manera eficiente en la naturaleza (Corona Apicultores, 2017).

3.1.8.1. Carbohidratos

El néctar y el rocío de miel de las plantas, líquido rico en azúcar, secretados por algunos insectos, son las principales fuentes naturales de carbohidratos en la miel (Muñoz et al., 2022).

Todos los carbohidratos se transforman primero en glucosa, que ingresa al ciclo de Krebs y produce ATP, el combustible esencial para casi todas las células. Como subproductos, se generan dióxido de carbono y agua. Además de ser una fuente de energía, la glucosa puede almacenarse en forma de grasa corporal. Una abeja requiere aproximadamente 11mg de azúcar seco al día (Huang, 2010).

Esto equivale a unos 22 ul de jarabe de azúcar al 50 % por abejas diariamente. En una colonia de 50,000 abejas, esto representa un consumo de 1.1 litros de jarabe de azúcar al 50% por día (aproximadamente 2 libras). Si consideramos que el néctar tiene una concentración de azúcar del 25 %, esto equivale a medio galón de néctar al día, sin incluir el gasto energético en la cría y otras actividades. Por lo tanto, una colonia de este tamaño consumirá cerca de 700 libras de néctar al año, suponiendo una concentración de azúcar de 50% en los néctares. (Huang, 2010)

3.1.8.2. Proteínas

El polen es la principal fuente de proteína para una colonia de abejas melíferas, su contenido proteico varía entre un 2.5 % y un 61 %. Una colonia compuesta por aproximadamente 20,000 abejas melíferas puede recolectar alrededor de 57 kg de polen al año. De este total, cerca del 30 % es recolectado por abejas especializadas en esta tarea. El polen recolectado es procesado y almacenado en la colmena en forma de “pan de abeja”. El consumo total de polen por parte de las abejas nodrizas en un lapso de 10 días es de aproximadamente 65 mg por abeja (Muñoz et al., 2022).

Los aminoácidos presentes en el polen juegan un papel fundamental en la reproducción, el crecimiento y el desarrollo de la abeja. Diez aminoácidos en proporción específicas son esenciales para estos procesos (Valega, 2016).

Tabla 5*Aminoácidos esenciales en la dieta proteica de las abejas*

Aminoácido	% Mínimo aminoácido en la proteína	Aminoácido
Treonina	3%	Treonina
Valina	4%	Valina
Metionina	1.50%	Metionina
Leucina	4.50%	Leucina
Isoleucina	4%	Isoleucina
Fenilalanina	2.50%	Fenilalanina
Lisina	3%	Lisina
Histidina	1.50%	Histidina
Arginina	3%	Arginina
Triptófano	1%	Triptófano

Fuente: (Pudasaini et al., 2020)

3.1.8.3. Vitaminas y aminoácidos

Las abejas obtienen las vitaminas que necesitan principalmente del polen fresco, aunque también pueden extraer pequeñas cantidades de la miel. Entre las más importantes se encuentran las vitaminas del grupo B (tiamina, riboflavina, nicotinamida, piridoxina, ácido pantoténico, ácido fólico y biotina), así como la vitamina C, esenciales para el desarrollo de las crías (Huang, 2010).

Los aminoácidos son sustancias cristalinas que se caracterizan por tener un sabor casi siempre dulce con un ligero toque ácido. Posee propiedades básicas y actividad ópticas. Las vitaminas y los aminoácidos cumplen una función esencial en la salud, resistencia y productividad de las colonias. Aunque las abejas obtienen muchos nutrientes del polen y el néctar natural, la suplementación estratégica con vitaminas específicas (como la vitamina C o ácido ascórbico) y aminoácidos esenciales mejora notablemente su vitalidad, rendimiento metabólico y la respuesta inmunitaria frente a enfermedades o situaciones de estrés (Pajuelo, 2024).

Productos como Hidro-rex vital, promotor L, Apis o Apifit están formulados para estimular y optimizar la digestión, fortalecer el sistema inmunológico, aumentar la

longevidad de las obreras y mejorar la postura de la reina. Además, reducir las pérdidas de colmenas durante la invernada y mejorar significativamente la productividad general del apiario (Ivars, 2013).

3.1.8.4. Minerales

Los requerimientos minerales de las abejas melíferas aún no se conocen completamente, pero se sabe que son fundamentales para su desarrollo. Todos los insectos necesitan altas cantidades de potasio, fosfato y magnesio, y se presume que las abejas no son la excepción. Estos minerales pueden obtenerse del polen, aunque el néctar también los contiene (Dine & Bedascarrasburre, 2011).

Por otro lado, la miel oscura posee mayores niveles de minerales. Se ha determinado que la concentración optima de ceniza para maximizar la cría de reproductores oscila entre el 0.5 % y el 1%. Sin embargo, si el polen contiene más del 2% de cenizas, la producción de cría se ve afectada. (Huang, 2010).

Además, los iones metálicos como el cobre (Cu), el hierro (Fe) y el zinc (Zn) son necesarios como cofactores enzimáticos y como componentes de ciertas enzimas. No obstante, niveles excesivos de sodio (NaCl) y calcio (Ca) pueden ser tóxicos para las abejas, reduciendo su esperanza de vida (Olivos, 2010).

3.1.8.5. Lípidos

Los ácidos grasos esenciales deben incorporarse a través de la dieta, destacando el ácido linoleico (omega-6) y el ácido linolénico (omega-3). En el caso del polen, estos compuestos representan en promedio el 43 % del total de ácidos grasos presentes, lo que lo convierte en una fuente clave para el metabolismo y la salud de la colonia (Pajuelo, 2024).

Estos ácidos grasos actúan como precursores de la hormona de la muda y son esenciales para la formación de membranas celulares, aumentando la longevidad de las abejas y la fertilidad de la reina. Además, las abejas nodrizas pueden asimilar progresivamente este esterol en sus tejidos y transferirlo selectivamente a las larvas a través del alimento de cría, favoreciendo así su crecimiento (Tsuruda's et al., 2021). El polen con bajo contenido de grasa tiene menos probabilidades de ser consumido por las abejas melíferas. Por ello, es fundamental que las abejas tengan acceso a una flora diversa. Se recomienda que la concentración total de líquidos en un suplemento de polen esté entre el 5% y el 8% (Huang, 2010).

3.1.9. Alimentos naturales de las abejas

La supervivencia de las abejas solo puede llegar a completarse si la colonia logra tener acceso a ciertos recursos de su entorno y entre ellos se encuentran el néctar, polen, agua y resina; estos elementos son aportantes principalmente de energía, proteínas, vitaminas y minerales que son necesarios para que se pueda cubrir sus necesidades nutricionales; además, la cantidad de energía necesaria no siempre es la misma y depende del número de individuos que se encuentran presentes en la colmena y de la etapa fisiológica en la que esta se encuentre; del mismo modo, su disponibilidad está condicionada por la cantidad y diversidad de fuentes florales presentes en el hábitat (Bedascarrasbure et al., 2020).

Los alimentos que consumen las abejas pueden clasificarse en las siguientes categorías principales:

3.1.9.1. Energéticos

Son aquellos que proporcionan la energía necesaria para el desempeño de las funciones vitales. En el caso de las abejas, la miel es el alimento energético por excelencia (Bedascarrasbure et al., 2020).

3.1.9.2. Proteicos

Contribuyen principalmente al desarrollo de la estructura corporal y a la producción de otras sustancias esenciales para la colonia. La principal fuente proteica de las abejas es el pan de polen o pan de abejas (Bedascarrasbure et al., 2020).

3.1.9.3. Néctar

La principal fuente de carbohidratos para la colonia de abejas es el néctar floral, ya que proporciona la energía necesaria para el vuelo, la termorregulación y la producción de cera. El néctar es una solución acuosa compuesta principalmente por agua y azúcares, cuya concentración puede variar entre un 5 % y un 80 %. Además, contiene en bajas proporciones otros compuestos, como componentes nitrogenados, minerales, ácidos orgánicos, vitaminas, lípidos, pigmentos y sustancias aromáticas. El néctar está conformado principalmente por tres azúcares: sacarosa, glucosa y fructosa. La calidad nutricional del néctar depende de la concentración y proporción de estos azúcares (Bedascarrasbure et al., 2020).

3.1.9.4. Polen

El polen es un polvo presente en las anteras de las plantas. Las abejas pecoreadoras lo recolectan y lo acumulan en una región cóncava de la parte exterior de sus patas traseras, conocido como corbículas, formando lo que se denomina polen cervical. Generalmente, este polen proviene de una única especie vegetal, ya que las abejas pecoreadoras suelen mantener una constancia floral, es decir, visitan la misma especie en cada viaje de recolección. El polen es una fuente esencial de proteínas, aminoácidos esenciales, ácidos grasos, esteroles y micronutrientes, todos fundamentales para la nutrición de las larvas, el desarrollo de las abejas jóvenes y la reparación de células corporales y glándulas en las abejas adultas (Bedascarrasbure et al., 2020).

Tabla 6

Requerimiento mínimo de aminoácidos de polen de abejas

Aminoácidos	Porcentaje
Arginina	3
Histidina	1.5
Isoleucina	4
leucina	4.5
Lisina	3
Metionina	1.5
Fenilalanina	1.5
Treonina	1.5
Triptofano	1
Valina	4

Fuente: Taha y kahtani (2017)

3.1.9.5. Jalea real

Durante las primeras etapas de vida, una vez el huevo eclosionado, las larvas reciben una sustancia denominada papilla real, la cual es secretada por las jóvenes abejas obreras nodrizas. Esta sustancia es administrada a las larvas sin restricciones y, en el caso de la abeja reina, se convierte en su alimento exclusivo durante toda su vida, tanto en la etapa larval como en la adulta (Ivars, 2014).

Tabla 7

Composición química de la jalea real

Componente	Porcentaje
Agua	50 -70%
Proteína	9-18%
Carbohidratos	7-18%
Grasa	3-8%
Cenizas	1%
Vitaminas y Enzimas	1.5%

Fuente: Ivars (2014)

3.1.9.6. Agua

El agua es recolectada principalmente para regular la temperatura dentro de la colmena. Además, cumple funciones esenciales en el transporte y disolución de sustancias (Valega, 2016).

También actúa como medio para diversas reacciones químicas necesarias para la vida. La eclosión de los huevos requiere una humedad relativa del 90-95 % dentro del panal, y el agua es fundamental para diluir la miel y preparar el alimento de las larvas. Por ello, cuando mayor sea la cantidad de crías en una colonia, mayor será la demanda de agua. El consumo de agua aumenta significativamente cuando la temperatura externa alcanza entre 45 y 50 grados centígrados (Bedascarrasbure et al., 2020).

3.1.9.7. Resina

Las abejas recolectan resinas con propiedades antisépticas y antimicrobianas de los árboles y arbustos. Estas resinas se mezclan con polen, impurezas y cera para elaborar el propóleos, que se utiliza para sellar las aberturas de la colmena. Además, tiene un importante papel profiláctico, ya que cubre el interior de las celdas de cría y se usa para momificar animales que mueren dentro de la colmena, evitando así el desarrollo de bacterias y hongos patógenos (Bedascarrasbure et al., 2020).

3.1.10. IMPORTANCIA DE LA ALIMENTACIÓN ARTIFICIAL

La alimentación artificial en las abejas tiene como principal objetivo suplir las reservas de la colmena en regiones donde los recursos naturales son escasos debido a factores como el frío o la sequía. En la apicultura intensiva, este tipo de

alimentación se administra intencionadamente para estimular la puesta de huevos y el desarrollo de la cría. La estimulación con néctar natural o jarabe de azúcar, con al menos un 50% de azúcar o miel diluida, incita a las abejas a recolectar polen y favorece el cuidado de la cría (Philippe, 2008).

3.1.10.1. Tipos de alimentos artificiales para abejas

Los alimentos artificiales suministrados a las colonias de abejas pueden presentarse en diferentes formas: líquida (jarabe), sólida (pastosa) y en polvo (polvoriento) (Philippe, 2008).

a) Alimento polvo

En el caso específico del polen, este puede contener fagos estimulantes que activan la acción de las mandíbulas de las abejas. Cuando la abeja consume polen, lo humedece con su saliva antes de ingerirlo. En ausencia de estos fagos estimulantes, las abejas muestran un comportamiento similar al consumir azúcar, intentando diluir con saliva antes de absorberlo en forma líquida (Palacio, 2009).

b) Alimentos Sólidos o pastosos

En la alimentación de las abejas es necesario un sustituto del polen como fuente de proteína para su dieta y nutrición. Uno de los más utilizados es la torta proteica, la cual las abejas ingieren extendiendo su probóscide para disolverla y absorberla en forma líquida si el alimento es demasiado duro, también emplean sus mandíbulas para consumirlo (Palacio, 2009).

La alimentación suplementaria cumple la función de sostener y mantener los enjambres, además de intensificar la postura para fortalecer la colonia (SAGARPA, 2019).

c) Alimentos líquidos

La alimentación líquida es de fácil absorción para las abejas. Se les administra jarabe de azúcar, miel diluida o melaza en una concentración de 2: 1 o 1: 1 (azúcar: agua), preferiblemente con el propósito de estimular la colonia. Este alimento ayuda a las abejas a convertir en energía, la cual es utilizada para estirar cera e inducir a la reina a la oviposición, favoreciendo así el aumento de la población de obreras (Palacio, 2009).

3.1.11. Alimentación sustitutiva o suplementaria de polen

Existe una tercera forma de alimentación denominada alimentación proteica, la cual se emplea cuando la colmena presenta déficit de polen. En estas condiciones, la postura de la reina se inhibe, las abejas dejan de alimentar a las crías y la colmena se debilita. Para evitarlo, es necesario suministrar una mezcla de productos proteicos, entre los que se incluyen levadura de cerveza, sacarosa, harina de soya, leche en polvo descremada y clara de huevo en polvo, entre otros. Sin embargo, muchas de estas fórmulas contienen productos costosos y, en general, son poco aceptadas, se recomienda añadir aproximadamente un 1% de polen a cualquier receta. Cabe señalar que la mezcla de polen en solución líquida de azúcar puede provocar fermentación, por lo que se aconseja utilizar formulaciones pastosas en forma de torta, las cuales se colocan en los cabezales de los marcos (Serrano, 2003).

Este alimento proteico debe ser atractivo y de fácil digestión para las abejas. Debe contener al menos 23 % de proteínas y se sugiere prepararlo en forma de torta, similar a hamburguesas, utilizando las mismas herramientas que se emplean para elaborarlas. Si el alimento proteico no contiene polen, se denomina sustituto de polen; si contiene polen, se le llama suplemento proteico (Tsuruda's et al., 2021).

3.1.12. Tipos de alimentación artificial

Argüello (2014) indica que, en Centroamérica, es bien conocido que los apicultores emplean alimentos energéticos líquidos o jarabes en distintas concentraciones, dependiendo del propósito específico. Estos pueden clasificarse en dos tipos principales: alimentación de mantenimiento y alimentación estimulante.

3.1.12.1. Alimentación de mantenimiento

Este tipo de alimentación, conocida también como alimentación de sostén, se prepara en una proporción de agua y azúcar de 1:2. Su objetivo principal es mantener las colmenas en condiciones óptimas en períodos en los que no se busca incrementar la población de abejas. Se aplica especialmente durante épocas de escasez de néctar y polen, evitando la disminución de la población de la colmena, lo que podría comprometer la productividad en la cosecha. La proporción 1:2 permite simular el contenido de humedad y los grados Brix de la miel. Para su preparación, se recomienda calentar previamente el agua antes de añadir el azúcar,

lo que facilita su disolución y asegura un jarabe homogéneo y de buena calidad. En esta mezcla, por cada litro de agua se incorporan dos kilogramos de azúcar (equivalente a 4 libras), obteniéndose aproximadamente 2,3 litros de jarabe por preparación (Argüello, 2014).

3.1.12.2. Alimentación estimulante

Este tipo de alimentación tiene una menor concentración de azúcares y, por lo general, se usa con una proporción de agua 1:1 durante la pre cosecha, su propósito es estimular a la reina para que incremente la población de la colmena al inicio de la floración. El néctar contiene un alto porcentaje de humedad; por ello, la alimentación energética requiere una mayor proporción de agua en comparación con la alimentación de sostén (Argüello, 2014).

Este tipo de alimentación simula la floración en la colmena, lo que acelera la puesta de huevos de la reina y aumenta la actividad general de la colonia (Corona Apicultores, 2012).

3.1.13. Tipos de alimentadores

En términos generales, los alimentadores deben garantizar un acceso fácil y seguro para las abejas, especialmente durante la temporada invernal. Existen diversos dispositivos y métodos destinados a suministrar alimento, los cuales pueden clasificarse de acuerdo con su ubicación dentro o fuera de la colmena (Corona Apicultores, 2012).

3.1.13.1. Alimentador sobre los panales

En esta categoría se incluye bolsas de plástico, bandejas de madera o de plástico, entre otros. Si los marcos tienen el cabezal abierto, las abejas pueden acceder fácilmente al alimento; de lo contrario, es necesario dejar una abertura con la espátula para permitir su acceso a las abejas (Corona Apicultores, 2012).

3.1.13.2. Alimentador vertical tipo marco Doolittle

Se trata de un recipiente cerrado con forma de marco, que puede fabricarse en distintos materiales. Su principal ventaja es la flexibilidad en su ubicación, permitiendo colocarlo más o menos cerca del nido de cría según sea necesario. Durante épocas frías, es importante situar muy cerca del nido para evitar que las abejas se enfríen al intentar acceder a él. (Corona Apicultores, 2012)

3.1.13.3. Alimentador exterior tipo Boardman

Consiste en una botella u otro recipiente similar, colocado boca abajo sobre una pequeña bandeja, de la cual las abejas van tomando el alimento gradualmente, sin embargo, este método puede presentar problemas de pillaje, para evitarlo, se recomienda ubicar el acceso al jarabe en el interior de la colmena (Corona Apicultores, 2012).

3.1.13.4. Importancia de la proteína en la colonia

3.1.13.5. Pan de abeja

Es pan de abeja es un producto natural elaborado por las abejas a partir de una mezcla de polen, néctar o miel y secreciones de sus glándulas salivales (Lesko, 2024), este alimento se produce dentro de las celdas del panal, donde la combinación de estos componentes pasa por un proceso de fermentación ácido láctica. Dicho proceso es llevado a cabo por microorganismos como bacterias, levaduras o ambos (Gilliam, 1979).

El ácido láctico generado en la fermentación contribuye a la conservación y preservación del pan de abeja. Además, mantiene los nutrientes esenciales provenientes del polen, lo que mejora su digestibilidad y lo hace más atractivo para las propias abejas (Braille, 2022).

3.1.13.6. Reservas de alimentos en la colonia

Las abejas pecoreadoras recolectan el néctar y el polen de las flores. Estos recursos, una vez transformados en miel y pan de abejas, son consumidos por las abejas nodrizas, distribuidos entre los miembros de la colmena o almacenados como reserva de alimento (Valega, 2008).

Sin embargo, la colmena no solo conserva reservas en forma de miel y polen ensilado, sino que también mantiene reservas de proteínas. Estas proteínas se almacenan en el abdomen de las abejas nodrizas dentro de los llamados cuerpos adiposos, en forma de vitelogenina. La cantidad de proteína corporal acumulada por la nodriza depende de la calidad del polen consumido durante los primeros días de vida de las abejas. Cuanto mejor sea la calidad del polen, mayor será la reserva de proteína, lo que influye en el desarrollo y funcionamiento de la colmena (Valega, 2011).

3.1.13.7. La vitelogenina

Las reservas de proteínas en la colonia de abejas se almacenan en su organismo en forma de grasa, conocidas como proteínas corporales. Principalmente, estas se presentan en forma de un compuesto llamado vitelogenina. A diferencia de las abejas de primavera y verano, que no acumulan reservas de grasa, las abejas de otoño almacenan una gran cantidad de proteínas en su tejido adiposo. Estas reservas les permiten sobrevivir durante el invierno y producir el alimento necesario para nutrir a las primeras larvas de la primavera. De este modo, aunque las abejas que emergen en otoño alcanzan la primavera en una etapa más avanzada de su vida, todavía son capaces de desempeñar la función de nodrizas, incluso en condiciones de escasez de polen. Este fenómeno es posible gracias a la utilización de las reservas de grasa y proteínas contenidas en sus cuerpos adiposos. En este proceso, la vitelogenina desempeña un papel esencial, ya que favorece tanto la acumulación de nutrientes como la expresión del comportamiento de nodrizas en estas abejas de larga vida. Por esta razón, la vitelogenina es fundamental, ya que permite el desarrollo de este comportamiento (Ivars, 2016).

3.1.13.8. Cuerpo graso

El cuerpo graso de la abeja está constituido por delgadas capas celulares que recubren la cavidad corporal de la cabeza, el tórax y el abdomen. La mayoría de sus células son de tipo almacén y están especializadas en la acumulación de reservas nutritivas, tales como lípidos, proteínas y glucógeno; además, participan activamente en la síntesis de diversos compuestos metabólicos. Todas las células del cuerpo graso mantienen contacto directo con la hemolinfa, lo que facilita el intercambio de nutrientes y metabolitos. En las abejas obreras, este tejido comienza a acumular reservas durante los primeros días de vida adulta, con especial intensidad en las abejas nodrizas, cuya función demanda un elevado gasto energético y proteico (Valega, 2024).

3.1.13.9. Déficit de proteína y estrés en la colmena

Un aspecto fundamental que todo apicultor debe comprender es que la verdadera nutrición de la colonia proviene del polen. Este aporte proteico, lípidos (grasas), vitaminas, minerales, y microelementos esenciales para el crecimiento y la salud de las abejas. Es un pilar imprescindible en su alimentación, ya que la proteína es clave para su desarrollo. Alimentar a las abejas únicamente con jarabe puede ser

útil para estimularlas y reducir el esfuerzo que implica la recolección de néctar. Esto les permite enfocar su energía en otras tareas, como la construcción y estirado de panales o el mantenimiento de la temperatura del nido de cría. Sin embargo, esta alimentación no es suficiente. De acuerdo con Randy Oliver, suministrar únicamente jarabe sin un suplemento de polen puede resultar contraproducente, ya que obliga a las abejas a recurrir a sus propias reservas de vitelogenina (Ivars, 2016).

De acuerdo a Ivars (2016), en este contexto, se distinguen dos tipos de cría en función de la disponibilidad de alimento:

- Cría seca: ocurre en condiciones de escasez, cuando las nodrizas reducen la cantidad de jalea real depositada en las celdas larvales.
- Cría mojada: se presenta cuando las nodrizas cuentan con una adecuada nutrición y pueden alimentar a las larvas con abundante jalea real, favoreciendo así su correcto desarrollo (Ivars, 2016).

3.1.14. Necesidades alimenticias de las colmenas según las estaciones de año

3.1.14.1. Otoño

La ausencia de flores y las bajas temperaturas indican que hemos llegado a una época en la que la alimentación artificial puede ser necesaria (Dine & Bedascarrasurre, 2011). En este periodo, las abejas jóvenes y la cría requieren polen y miel para desarrollar cuerpos grasos. En general, la miel no suele escasear debido a las reservas acumuladas durante el verano y a la disminución del número de crías (Cobo, 1977).

3.1.14.2. Invierno

Si no se efectuó a tiempo la alimentación otoñal y la colonia requiere incrementar sus reservas, resulta fundamental suministrar un alimento altamente concentrado. En esta época, la presencia de humedad dentro de la colmena puede ser perjudicial; por ello, se recomienda emplear un jarabe con elevada concentración de sólidos, colocado en las proximidades del nido de cría para facilitar su consumo y almacenamiento. El uso suplemento proteico no es necesario en invierno, ya que la presencia de cría es bajo o nula en este periodo (Dine & Bedascarrasurre, 2011).

3.1.14.3. Primavera

El final del invierno y el inicio de la primavera constituyen periodos críticos para las colonias de abejas debido a la limitada disponibilidad de alimento. En esta etapa, es fundamental considerar tanto las reservas almacenadas como el aporte externo de miel y polen. La alimentación en este periodo persigue dos objetivos principales: reponer las reservas consumidas durante el invierno y estimular la postura de la reina. Un aspecto clave en esta fase es el aporte de proteínas. El desarrollo del nido de cría aumenta de manera abrupta, lo que genera una elevada demanda proteica. Esta situación puede derivar en dos escenarios que requieren suplementación: entrada parcial de polen o ausencia total de polen. De esta manera, garantiza una nutrición adecuada durante la primavera permitirá un desarrollo saludable de la colonia y un mejor rendimiento a lo largo del año (Dine & Bedascarrasburre, 2011).

3.1.15. MÉTODOS PARA EVALUAR EL DESARROLLO DE LAS ABEJAS

3.1.15.1. Relación entre el tamaño de las celdillas y la densidad de alveolos

En las láminas de cera utilizadas para nuestras colmenas, las máquinas estampadoras o laminadoras de rodillos nos proporcionan el tamaño de las celdillas o alvéolos. En otros casos, se nos indica la densidad de alvéolos por decímetro cuadrado. A partir del tamaño de una celdilla, es posible determinar la densidad de alveolos en un dm^2 mediante una sencilla fórmula matemática (Cordoba, 2009). El área de un hexágono se calcula con la ecuación:

$$A = 0,8660 \times (\text{Tamaño celdilla})^2$$

Con esta fórmula aproximada, podemos calcular el área de una celdilla en una lámina de cera. Luego, dividiendo un decímetro cuadrado por esta área, obtenemos la cantidad de celdillas que cabe en un dm^2 de lámina de cera (Cordoba, 2009).

Tabla 8*Tamaño de celdilla y densidad de alveolos por dm²*

TAMAÑO CELDILLA (mm)	AREA CELDILLA (dm ²);	CELDILLAS POR CARA EN UN DM ²	CELDILLAS POR DOS CARAS EN UN DM ²
Nota: 1 mm=0.1dm	Nota: 1 dm ² = 100mm ²	(aprox un cuadrado de 10cm de lado o una superficie irregular de similar superficie)	(aproximadamente)
4.70	0.1913	522.72	1045
4.80	0.195	501.11	1002
4.90	0.2079	480.92	961
5.00	0.2165	461.88	924
5.10	0.2252	443.94	888
5.20	0.2341	427.03	854
5.30	0.2432	411.07	822
5.37	0.2497	400.42	800
5.40	0.2525	395.98	792
5.43	0.2543	391.62	783
6.00	0.3117	320.75	641
6.10	0.3222	310.31	620
6.20	0.3329	300.39	600

Fuente: Cordoba (2009)

3.1.15.2. La regla de Farrar

El primero método consiste en pesar la población total de abejas melíferas adultas durante la noche. Para ello, se toma una muestra de abejas, se cuenta y se pesa para obtener su peso individual promedio. A partir de este dato, se estima la población total mediante una simple extrapolación. El segundo método implica retirar de manera secuencial la tapa y la entre tapa de la colmena para medir las áreas de los marcos cubiertos con abejas adultas. Esta medición puede realizar directamente a simple vista (Farrar, 1961), este principio permite cuantificar la relación entre la cantidad de cría operculada, el número de obreras pecoreadoras y los kilogramos de miel que la colmena puede almacenar, Por ejemplo, si una cámara de cría llena alberga 30.000 abejas y sabemos que 10,000 abejas pesan aproximadamente 1 kg, entonces una colmena con 50,000 abejas tendrá la capacidad de producir 25 kg de miel (Reid, 1980).

Además, con el tercer método, la estimación del tamaño de una colonia se puede realizar contando los cuadros que son ocupados por las abejas; esta se calcula

considerando cada cuadro con cobertura completa que alberga hasta 3 mil individuos y de este modo, una colmena que está compuesta por unas 30 mil abejas requiere alrededor de hasta 10 cuadros, mientras que otro con el doble de individuos requiere de aproximadamente 20 cuadros para poder distribuirse. Es en base a estos datos que, se tiene la certeza de que dos colmenas de tamaño pequeño, por ejemplo con 15 mil abejas cada una, producen menos que una colmena mediana con el doble de individuos y de manera similar, una colmena grande de 60,000 abejas genera una producción superior a la suma de dos colmenas medianas de 30,000 abejas (6,6 vs. 5,44 cuadros) y este efecto se explica por la distribución proporcional de la población dentro de la misma colmena, que optimiza la productividad (Dine & Bedascarrasburre, 2011).

El Cuarto método consiste en contabilizar el número de panales de población de abejas adultas (IFB) desde la parte superior del cuerpo de la colmena. Los espacios ubicados en los márgenes extremos de la colmena equivalen, cada uno, a la mitad de un panales. De este modo, se puede contar un número máximo de 10 IFB en total. Por lo tanto, el número de IFB podía ser de 0, 0.5, 1...9.5 o 10, dependiendo del tamaño de la población de abejas (Chabert et al., 2021).

Tabla 9

Regla de Farrar

Total de Obreras	10	20	30	40	50	60
Pecoreadoras	2	5	10	20	30	39
Porcentaje pecoreadoras	20 %	25 %	30 %	50 %	60 %	65 %
Peso de la población	1 kg	2 kg	3 kg	4 kg	5 kg	6 kg
Rendimiento miel	1 kg	4 kg	9 kg	16 kg	25 kg	36 kg
Cría operculada		40	45	50	55	60
Obreras Pecoreadoras		20	30	40	50	60

Fuente: Farrar (1961)

3.1.15.3. Categorización de colmenas

Este método ofrece una forma sencilla y rápida de evaluar las colmenas según la población de abejas. A través de la observación visual, las colmenas se clasifican

en tres categorías (I, II O III), dependiendo de la cantidad de abejas que cubran los cabezales de los cuadros:

- **Categoría I:** colmenas con una población que cubre más de 7 cuadros.
- **Categoría II:** colmenas con una población que cubre entre 5 y 7 cuadros.
- **Categoría III:** colmenas con una población inferior a 5 cuadros.

Es importante registrar el horario en el que se realiza la inspección y la categorización, ya que la distribución de las abejas dentro de la colmena varía a lo largo del día (Gabús, 2011).

3.1.15.4. Medición de área de cría en el panal en la colonia

Para medir la superficie de puesta de una colonia, expresada en decímetros cuadrados (dm^2), se utiliza una planilla de bastidor biométrico. Los trazos de los ocho contornos se colocan frente a cada cara de los cuadros Langstroth del nido de cría, lo que permite registrar los datos sin necesidad de retirar a las abejas. Al colocar la planilla sobre una cara del cuadro, es posible identificar rápidamente qué línea se ajusta mejor al contorno de la puesta. El número correspondiente a esta línea indica, en decímetros cuadrados, la extensión de la puesta que la rodea (Prost et al., 2007).

La población de una colmena es una característica fundamental, ya que permite determinar cuáles colmenas son aptas para división o multiplicación, así como para la producción de miel, polen, jalea real y la crianza de reinas. La población de una colmena es un factor clave para determinar su capacidad de división y multiplicación, así como su potencial para la producción de miel, polen jalea real y la crianza de reina (Buztinza, 2014).

3.1.16. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

Cuando se trata de evaluar un proyecto, una política o una decisión, es necesario que se analicen tanto los beneficios que se pueden generar y aquellos costos que se deben realizar y este procedimiento, es conocido como análisis costo – beneficio y se aplica de manera sistemática para determinar si efectivamente los resultados que se obtendrán justifican los recursos que se van a invertir (Ortega, 2023).

Este método es esencial para los tomadores de decisiones, ya que les ayuda a comprender no solo la magnitud de la inversión, sino también el impacto económico esperado (Ortega, 2023)

3.1.16.1. Tipo de costos

a) Costo directo

Son aquellos costos asociados directamente con la producción de un servicio, producto o proyecto. Generalmente, incluyen materiales, equipamiento y personal necesarios para llevar a cabo la acción prevista. (MacNeil, 2025)

b) Costo indirecto

Son costos fijos que no están directamente vinculados con la producción. por lo general, corresponden a gastos generales necesarios para el funcionamiento, como el alquiler de instalaciones y servicios transporte (MacNeil, 2025).

3.1.16.2. Tipos de beneficio

a) Beneficio directo

Son aquellos beneficios que pueden medirse en términos monetarios, como la rentabilidad obtenida a partir de un proyecto (MacNeil, 2025).

b) Beneficio indirecto

Se trata de beneficios percibidos pero que no puedes medirse directamente en valor monetario. Ejemplo de estos son el aumento en la satisfacción de los clientes o la mejora del reconocimiento de marca (MacNeil, 2025).

3.2. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. Antecedentes de investigación local

Piccalalico (2019), en su investigación titulada “Efecto del suministro de torta proteica como sustituto de polen con tres niveles de proteína en el crecimiento poblacional de abejas – Centro Agronómico K’ayra”, consideró ejecutarla en el Apiario de la Escuela Profesional de Zootecnia de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, entre el periodo de tiempo comprendido entre los meses de noviembre y diciembre. Como metodología, se aplicó un diseño completamente aleatorio que estuvo conformado por cuatro tratamientos con cuatro replicas cada uno; en tanto que, el grupo de

control (T0) recibió únicamente jarabe azúcar, mientras que los grupos de prueba fueron alimentados con tortas ricas en proteína y que fueron preparadas en base a harina de soya, haba, trigo, fécula de papa y maicena; además, dichas tortas fueron formuladas en base seca con distintos niveles de proteína como 18% en el primer tratamiento, 20% en el segundo y 22% en el tercero, y se evaluaron durante un periodo de 42 días. Respecto a los resultados, estos evidenciaron a través del análisis estadístico que, el tratamiento T2 logró un consumo de la torta proteica que fue significativamente superior en comparación a T1 ($p < 0,01$) y T3 ($p < 0,05$) y en relación al crecimiento poblacional de las colmenas, esto en función en cría y número de abejas, se observó que todos los tratamientos experimentales superaron de manera significativa al grupo testigo, resaltando otra vez al tratamiento T2 como el más ventajoso y de forma similar, la producción de miel también evidenció diferencias que fueron significativas entre los tratamientos y el control ($p < 0,01$), siendo T2 aquel que alcanzó el mayor nivel de rendimiento y en consecuencia, la mayor rentabilidad en términos económicos.

3.2.2. Antecedente de investigación nacional

Montero et al. (2012) realizaron un estudio denominado “Dietas artificiales en la crianza de la Abeja Melífera, (*Apis mellifera L.*)” con el objetivo de determinar la mejor dieta artificial en la crianza de la abeja melífera (*Apis mellifera L.*), se realizó el presente estudio en la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, Perú, en un periodo invernal, se utilizaron cuatro dietas artificiales, en núcleos de abejas (*Apis mellifera L.*), el diseño estadístico fue un diseño de bloques completamente al azar, con cuatro repeticiones; además, se consideró realizar 5 tratamientos que estuvieron conformados por: 4 tratamientos que hagan uso de dietas artificiales y uno sin dieta; asimismo, las dietas que fueron formuladas de manera artificial estuvieron compuestas por distintas combinaciones de ingredientes que fueron diseñados para sus efectos en la alimentación de las abejas fuera evaluado. Las dietas artificiales consistieron en:

1. Jarabe de sacarosa.
2. Pasta alimenticia formulada con polen + jarabe de sacarosa.
3. Pasta alimenticia formulada con harina de soya + jarabe de sacarosa.
4. Pasta alimenticia formulada con harina de haba + jarabe de sacarosa.

En tanto, a aquellas colmenas que formaron parte del tratamiento se les proporcionó, cada 10 días, una ración de 1 litro de jarabe y también 100 g de pasta de alimento; además, el seguimiento consideró la medición del consumo de dicha pasta, el conteo de huevos, larvas, pupas y también la determinación de la densidad poblacional o número de abejas adultas; el consumo de pasta se registró 4 días después de su suministro, mientras que los demás parámetros se midieron antes de iniciar la alimentación artificial (día 0) y a los 30 y 60 días posteriores a la aplicación de los tratamientos. Los resultados mostraron que, las abejas que consumieron con facilidad todas las variantes de pasta alimenticia fueron las abejas obreras y este consumo evidenció un incremento significativo de la población adulta en las colmenas y al analizar los efectos de manera más profunda, se pudo observar que, las pastas que fueron elaboradas con soya y polen lograron favorecer la producción de huevos, mientras que aquellas que fueron formuladas con haba y polen estimularon el desarrollo de larvas y de manera adicional, las tres formulaciones evaluadas lograron contribuir en el incremento de pupas de manera significativa. De manera contraria, aquellas colmenas que no recibieron alimentación artificial o aquellas que fueron alimentadas únicamente con jarabe de sacarosa presentaron una disminución drástica en su población en las diferentes etapas de desarrollo, lo que llevó a la muerte o enjambrazón de las abejas.

3.2.3. Antecedentes de investigación internacional

Nuñez et al. (2017) realizaron un estudio de nominado “Fortalecimiento del rendimiento de abejas (*Apis mellifera*) alimentadas con fuentes proteicas” el objetivo de la presente investigación fue evaluar la aplicación de tres tipos de fuentes proteicas de origen vegetal como sustituto del polen en la alimentación de abejas (*Apis mellifera*); la investigación se desarrolló en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato que está ubicada en el Cantón Cevallos, provincia de Tungurahua; además, las variables que se consideraron en el estudio o que se evaluaron fueron: Postura de reina (PR), peso de la población final (PPF), producción de polen (PDNP), producción de miel (PDNM) y consumo de alimento. Se consideró seguir un diseño completamente aleatorio conformado por cuatro tratamientos y de manera adicional con tres repeticiones, además, se hizo uso de 12 colmenas que se dividieron en cuatro grupos que fueron:

1. T1: Suplemento en forma de torta a base de harina de soya.
2. T2: Suplemento en forma de torta a base de harina de arveja.
3. T3: Suplemento en forma de torta a base de harina de lenteja.
4. T0: Grupo testigo, sin suplemento.

Por otro lado, la aplicación de suplementos se realizó considerando una frecuencia semanal durante ocho semanas, esto abarco el periodo comprendido entre noviembre y enero de los años 2016 y 2017; además, para el procesamiento de los datos obtenidos, se hizo uso del análisis de varianza o ANOVA, como complemento de la prueba de Tukey al 5% de significancia (Nuñez et al., 2017).

Los tratamientos T1 y T2 mostraron los mejores resultados:

- T1: PR = 4310,3 huevos; aumento de población = 0,4133 kg; PDNP = 1271,7 g; CTP = 266,55 g.
- T2: PR = 3908,3 huevos; aumento de población = 0,20 kg; PDNP = 1289,3 g; CTP = 240,80 g.

Como conclusión, los resultados lograron respaldar la recomendación de hacer uso de la harina de soya como una fuente de proteínas en la preparación de sustitutos del polen que son destinados a la alimentación de abejas; además, este ingrediente, no solo favorece un desempeño más positivo en la colmena, sino que también contribuye a que se puedan reducir costos de producción (Nuñez et al., 2017).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. ÁMBITO DE ESTUDIO

4.1.1. Ubicación política

La presente investigación se llevó a cabo en el apiario Kantu T'ika, ubicado en la comunidad campesina de Pataccolca.

- Región: Cusco
- Provincia: Quispicanchi
- Distrito: Cusipata (a 69.36 km de la ciudad del Cusco)
- Lugar: C. C. Pataccolca, sector Urcat

(INIA, 2019)

4.1.2. Ubicación geográfica

- Latitud: -71.50462
- Longitud: -13.867371
- Altitud: 3,450 m.s.n.m.

(INIA, 2019)

4.1.3. Ubicación Hidrográfica

Cuenca : Amazonas

Subcuenca : Vilcanota

Región hidrográfica:

- Pacífico: Océano pacífico
- Amazonas: Océano Atlántico
- Amazonas: cuenca endorreica (Clima Perú, 2025)

4.1.4. Características ecológicas

4.1.4.1. Condición climática

- Clima: Templado frio
- Humedad: 28%
- Radiación UV: Baja
- Precisión: 1010 hpa

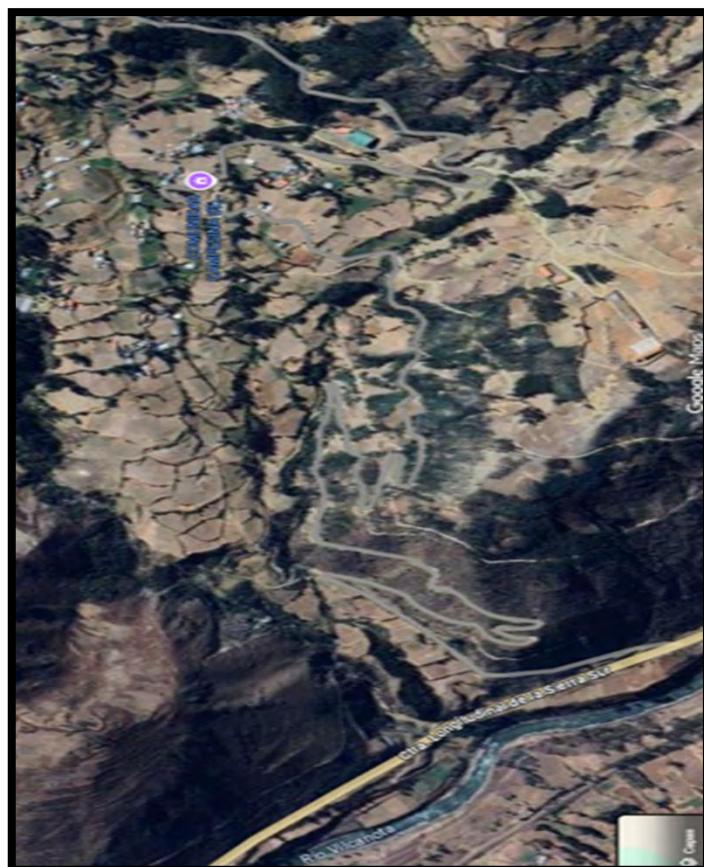
- Viento: 12km/h
- Sensación: 17° (Clima, 2025)

4.1.4.2. Flora in situ

La flora melífera presente en el área de estudio puede clasificarse principalmente según su función para las abejas en: plantas nectaríferas (productoras de néctar), plantas poliníferas (fuente primaria de polen) y plantas productoras de propóleos. Asimismo, es posible realizar una clasificación más detallada considerando la época de floración, la condición de plantas nativas o cultivadas, así como el estrato vegetal al que pertenecen. En el estrato arbóreo destacan especies como chachacomo, capulí, aliso, sauco, eucalipto, quiswar, entre otras. El estrato arbustivo está conformado por especies como lloq'e, huaranhuay, chilca, muña, molle, roqqu'e, entre otras. Finalmente, en el estrato herbáceo predominan especies como kikuyo, festuca, verbena, Argemone mexicana, Physalis sp., trébol, diente de león, nabo, maíz, entre otras.

Figura 2

Mapa de ubicación de comunidad de Pataccolca



Fuente: Google Earth (2025)

4.1.5. Duración de la investigación

El experimento tuvo una duración de **90 días**, periodo en el cual se realizó el diagnóstico de la flora *in situ*, el control y la revisión constante de las colmenas, así como la evaluación de los tratamientos aplicados.

4.2. MATERIALES, INSUMOS Y EQUIPOS

4.2.1. Materiales de bioseguridad

- Antiparasitarios externos (acido oxálico)
- Antibiótico interno (oxitetraciclina)
- Overol de apicultor
- Guantes
- Ahumador
- Palanca
- Botas

4.2.2. Insumos alimenticios, aditivos y equipos

- Levadura de cerveza
- Dextrosa
- Aminoácidos sintéticos
- Promotor L
- Aceite de canola
- Agua
- Azúcar rubia
- polen
- 1 balanza gramera
- 15 colmenas Langstroth
- 15 alimentadores tipo Doolittle
- Cera estampada
- Cartón
- Marcador de reina tipo posca
- Porta núcleo
- Cepillo desabejador
- Trampa de polen

- Bastidor biométrico dm² y ¼ dm²

4.2.3. Materiales para la elaboración del suplemento

- Baldes de 20 litros
- Cuaderno de apunte
- Bandejas plásticas
- Fundas plásticas
- Cocina a gas
- Cuchara de madera
- Jarras plásticas de 1 litro

4.2.4. Material biológico

Se trabajó con 15 núcleos de abejas, cuyas reinas tenían la misma edad (3 meses). Estas reinas eran híbridas de las razas caucásica, carniola y africanizada (*Apis mellifera*), y todas provenían del mismo apiario. Es importante destacar que los núcleos se encontraban en buen estado de salud al inicio del experimento.

4.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.3.1. Tipo de investigación

La investigación realizada corresponde al tipo experimental, dado que se orientó a describir y analizar los efectos de la aplicación de tortas proteicas en las colmenas. A través de esta metodología, se buscó explicar los resultados obtenidos y proyectar su utilidad en el desarrollo y conservación de poblaciones de abejas saludables.

4.3.2. Diseño de la investigación

El diseño correspondiente a la presente investigación fue el experimental y en él se establecieron las diferentes variables de análisis, de las cuales como variable independiente fue la alimentación artificial con tortas proteicas, mientras que la variable dependiente fue el comportamiento y desarrollo de quince colmenas de abejas (*Apis mellifera*); además, se incluyeron como variables interviniéntes tanto a las condiciones ambientales como a los procedimientos de investigación que se aplicaron durante la ejecución de la investigación.

4.3.3. Etapas de la investigación

4.3.3.1. Etapa pre experimental

Se llevó a cabo el diagnóstico del sitio, así como el control y la revisión constante de las colmenas madres. Además, se seleccionaron los núcleos destinados a la fecundación de reinas, que serían utilizados posteriormente en el experimento.

4.3.3.2. Etapa de preparación

Se llevó a cabo en instalaciones ubicadas dentro del terreno plano, acondicionado para la crianza de abejas. Durante este periodo, se realizó la limpieza de la zona a utilizar, la selección de las colmenas para la formación de nuevos núcleos de abejas y la ubicación e identificación de las reinas fecundadas, estas acciones fueron esenciales para su etapa reproductiva y para la introducción del nuevo alimento suplementario.

4.3.3.3. Etapa experimental

En esta etapa experimental se llevó a cabo el estudio de los tratamientos evaluados, que consistieron en la alimentación de las colmenas con torta proteica y jarabe de azúcar, con el fin de evaluar el desarrollo de las abejas a través de la alimentación artificial.

4.3.3.4. Instalación de colmena

El apíario estaba ubicado en dirección Este – Oeste, sobre un terreno con ligera pendiente y sin exceso de humedad, en un área de 800 m² rodeada de plantas melíferas. Para el experimento, se utilizó la colmena estándar tipo Langstroth, compuesta por cajones de cámara de cría, donde se ubican los 10 cuadros o bastidores. Sobre esta estructura, se colocó un alza con cajones llenos de bastidores, una entre tapa y una tapa superior, que actúa como techo de la colmena. La base o fondo de la colmena constituye su parte inferior, donde puede situarse la piquera, es decir, la apertura por donde las abejas entran y salen. Esta disposición permite un mejor manejo de los colmenares sin causar daños ni estrés a las abejas. Las colmenas fueron instaladas sobre caballetes de madera de 30cm de altura, 40cm de ancho y 5 metros de largo, distribuidos de manera uniforme en línea recta. la distancia entre colmena fue de 1.50 metros, y sus piqueras se orientaron en dirección al sol. Esto se hizo con el objetivo de estimular la actividad de pecoreo con la llegada de los primeros rayos solares (Anexo 2.a.).

4.3.3.5. Selección de colmenas madres

Para la formación de nuevos núcleos de abejas, se seleccionaron 15 colmenas madres con población fuerte, resistentes y vigorosas. Estas colmenas no presentaban síntomas clínicos de enfermedades infecciosas ni parasitarias, lo que garantiza el éxito del proceso. (Anexo 1.a) Cada colmena contaba con una cámara de cría con 8 a 10 marcos cubiertos de abejas (MCA). Además, se incluyeron de 4 a 5 panales con crías en distintas etapas de desarrollo, desde huevo y larva hasta cría operculada. También se aseguraron reserva de alimento, como polen y miel, para fortalecer el desarrollo de los nuevos núcleos (Anexo 1.b).

4.3.3.6. Formación de núcleos de abejas

Esta actividad de nucleado se realizó en el momento de menor intensidad de calor (por la mañana y por la tarde), el horario más adecuado para la tarea.

- Inicialmente, se dispusieron 15 colmenas tipo Langstroth, compuesto por base, cámara de cría y tapa (Anexo 1.c).
- Se aplicó humo con moderación en la piquera de la colmena madre para verificar el nido de las colmenas seleccionadas. Localizada la reina existente se introdujo en un porta-reina para la extracción de materiales biológicos, incluyendo población de abejas y panales con crías operculadas y abierta.
- Luego separó cinco marcos cubiertos de abejas (MCA). De estos, dos conteniendo panales con reserva de alimento (polen y miel), mientras que los tres restantes tenían crías en diferentes estadios (abierta y operculada) (Anexo 1.a).
- Finalmente, se cerraron los nuevos núcleos con entre-tapa y tapa. Una vez concluida la formación, fueron trasladados a un lugar de experimentación, ubicado a más de dos kilómetros de distancia, para evitar que las abejas pecoreadoras regresen a la colmena madre.

4.3.3.7. Sanidad y bioseguridad

Las colmenas, antes de iniciar la fase experimental, fueron sometidas a un tratamiento sanitario preventivo. En primer lugar, se aplicó un antiparasitario externo a base de ácido oxálico durante tres días consecutivos, mediante tiras impregnadas colocadas entre los panales, con el objetivo de controlar la presencia de Varroa destructor. Asimismo, se administró un antibiótico interno, oxitetraciclina,

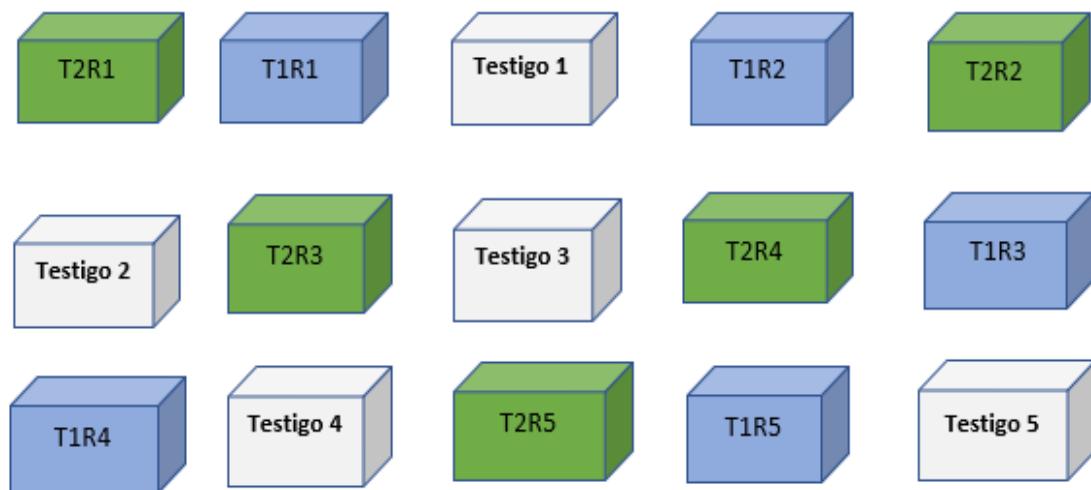
aplicado directamente sobre los panales durante tres días, para prevenir la loque europea, enfermedad causada por la bacteria (*Melissococcus plutonius*). La inspección sanitaria desempeña un papel fundamental, no solo para asegurar la salud y el bienestar de las colonias de abejas, sino también para garantizar la calidad e inocuidad de los productos apícolas obtenidos.

4.3.3.8. Distribución de tratamientos

Se distribuyeron 15 colmenas de manera aleatoria en línea recta. cada división representó una unidad experimental, conformado por cinco colmenas por tratamiento, para evitar confusiones futuras, cada colmena fue numerada según su tratamiento y repetición (Anexo 2.b).

Figura 3

Distribución de colmenas en forma aleatoria



El estudio consideró tres tratamientos, cada uno con cinco repeticiones, utilizando una población promedio 15760 abejas, se suministró torta proteica y jarabe de azúcar cada 8 días como unidad experimental. se evaluaron dos niveles de proteína en la dieta:

- Tratamiento control: Dieta basada en jarabe de azúcar (1 litro de agua más 1kg de azúcar rubia).
- Tratamiento I: Dieta a base de levadura de cerveza con 29.52% de proteína (BS) más jarabe de azúcar.
- Tratamiento II: Dieta a base de levadura de cerveza y aminoácidos sintéticos con 33.17% de proteína (BS) jarabe de azúcar.

Tabla 10*Dietas empleadas en el estudio.*

Ingredientes	T1	T2
Levadura de cerveza	27.5	26.5
Dextrosa	22.5	21.52
Delac	0	1
L-Lisina	0	0.05
DL -Metionina	0	0.225
I-valina	0	0.05
I-trifofano	0	0.175
I-treonina	0	0.05
Premix minerales	0	0.1

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3.9. Elaboración de dietas para la investigación

Para cumplir con los objetivos planteados, se elaboraron dos dietas experimentales con distintos niveles de proteína, diseñadas específicamente para evaluar su efecto en la etapa de desarrollo y crecimiento poblacional de las abejas.

Tabla 11*Porcentaje de proteínas en la dieta*

Detalle	T0	T1	T2
% de proteína base seca	0	29.52%	33.17%
% de proteína base fresca	0	24.69%	26.19%

Fuente: Laboratorio de Nutrición de la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la UNSAAC

La preparación del alimento balanceado se realizará de acuerdo a los requerimientos nutricionales de las abejas, siguiendo las recomendaciones de

(Pudasaini et al., 2020) y (Bazzurro, 1999). Para ello, se utilizaron insumos disponibles en el mercado, formulando la mezcla mediante programación lineal para minimizar costos, con el apoyo del programa informático maximizador.

Tabla 12

Composición nutricional de las dietas, base seca

Aminoácido, %	T2	T1	T0
Acido Aspártico	3.01	2.23	0
Ácido Glutámico	4.61	1.70	0
Alanina	1.70	1.38	0
Arginina	4.26	3.77	0
Fenilalanina	2.47	2.05	0
Glicina	2.87	2.59	0
Histidina	1.56	1.35	0
Isoleucina	1.53	1.17	0
Leucina	1.82	1.12	0
Lisina	0.43	0.03	0
Prolina	2.02	1.63	0
Serina	1.25	0.88	0
Tirosina	1.58	1.32	0
Valina	3.64	3.27	0

Fuente: Laboratorio de Nutrición de la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la UNSAAC

4.3.3.10. Evaluación de los valores nutricionales de las dietas

Respecto a la evaluación de la composición nutricional de los alimentos que fueron suministrados a las abejas, esta se llevó a cabo en el Laboratorio de Nutrición de la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la UNSAAC y los resultados se organizaron en una tabla que logra evidenciar los valores alcanzados por las diferentes tortas proteicas y donde también permitió ubicar los niveles de proteína y grasa evidenciando que presentaban valores similares.

En el tratamiento T1, el extracto libre de nitrógeno (ELN) presentó el valor más alto, mientras que en los demás tratamientos se mantuvo en niveles similares. Esto indica que las diferencias entre las dietas se debieron al aumento en el porcentaje de proteína, manteniéndose constantes los demás nutrientes, lo cual fue el objetivo principal del estudio.

Tabla 13*Composición química de la torta proteica*

Detalle	Tratamiento	
Elemento, %	T2	T1
Proteína DUMAS	33.17	29.52
Grasa NIR	2.74	2.76
Fibra NIR	66.2	65.65
HUMEDAD ANALITICA	21.06	16.37
MS ANALITICA	78.94	83.63

Fuente: Laboratorio de Nutrición de la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la UNSAAC

4.3.3.11. Procedimiento de preparación de la torta proteica.

- De acuerdo con la Tabla 10, se utilizaron las siguientes materias primas disponibles para la preparación de la torta proteica: levadura de cerveza desactivada de consumo animal, dextrosa, aminoácidos sintéticos, promotor L, aceite de canola, azúcar rubia, polen y agua.
- En la segunda etapa, se preparó un jarabe de azúcar en una proporción de 2:1 (dos kilogramos de azúcar por un litro de agua). Además, por cada kilogramo de jarabe preparado, se añadieron 2 ml de aceite de canola y 5 ml de promotor L, obteniendo así la parte líquida de la mezcla.
- En la siguiente fase, con el apoyo del programa informático Maximizador, se determinó la fórmula óptima para la elaboración de la torta proteica. Según esta formulación, se establecieron los porcentajes de los ingredientes necesarios. Una vez pesados los insumos, se colocaron en un recipiente limpio y seco, y se procedió a mezclar los ingredientes sólidos hasta obtener una harina homogénea.
- Posteriormente, se agregó el jarabe de azúcar a la mezcla seca, empleando una proporción de 1:1 (un kilogramo de jarabe por cada kilogramo de mezcla seca). Se revolvió cuidadosamente hasta lograr una masa con consistencia pastosa y uniforme, característica de la torta proteica.

- Finalmente, luego de 12 horas de reposo o fraguado, la torta proteica fue envasada en bolsas plásticas de 200 g, quedando lista para su suministro a las colmenas.

4.3.3.12. Suministro y administración de torta proteica y jarabe

La alimentación de las abejas se realizó mediante la administración de tortas proteicas y jarabe de azúcar. Las tortas se colocaron directamente sobre los marcos de la cámara de cría, iniciando con una dosis de 200 g por colmena y aumentando progresivamente hasta 300 g conforme avanzó el periodo experimental. Como fuente energética, se suministró jarabe de azúcar preparado en una proporción 1:1 (peso/volumen), el cual se administró dentro de la colmena utilizando un alimentador tipo Doolittle. La cantidad de jarabe suministrada fue fija, equivalente a 1100 ml por colmena en cada tratamiento y repetición, complementándose con vitamina C. Posteriormente, la alimentación se proporcionó a libre consumo, realizándose ajustes graduales de acuerdo con el nivel de ingesta y considerando las reservas de miel presentes en los panales. Los datos se recolectaron durante las visitas de inspección, en las cuales se retiraba el alimento no consumido y se reemplazaba por una nueva porción de torta proteica. En cada visita se registró el consumo de alimento, el crecimiento de la población de abejas y el ritmo de postura de la reina, información consignada en una ficha de campo previamente diseñada. Las inspecciones en el centro experimental se efectuaron con una frecuencia semanal (cada 7 días), en horario vespertino, seleccionando este momento por ser el más adecuado para la evaluación del estado de las colmenas y la recopilación de datos.

4.3.3.13. Desarrollo de las abejas

a) Reina fecundada

La reina es la madre de toda la colonia. Se adquirió con tres meses de edad en postura y fue introducida en jaulas porta reinas dentro de sus respectivas colmenas. Después de un periodo de entre 10 y 12 horas, fue liberado y comenzó la postura de huevos en las celdas vacías de los panales durante toda la etapa experimental.

b) Formación del nido de cría

El control y evaluación de la formación del nido de cría con un alimento estimulante, la reina inició la postura en un espacio de forma elipsoidal o circular. Abarcando

ambas caras de los panales, las larvas, al alcanzar un desarrollo adecuado, son operculadas por las abejas, mientras la reina continúa desovando en forma de media luna alrededor de la cría operculada. A medida que la postura se expande, el área que contiene huevos, larvas y ninfas se incrementa, dando inicio a la formación de la cámara de cría. Las celdas desoperculadas por las abejas recién emergidas son limpiadas por las nodrizas, lo que permite que la reina deposite nuevamente sus huevos. Este proceso se repite de manera continua, formando un “tapizado” de marcos completos de cría, rodeados de celdas con polen y miel.

c) Inserción de cera estampada

Los cuadros con cera estampada se insertaron gradualmente en las colmenas, debido al aumento de la población y la actividad de la colonia, para ampliar la superficie de cría o almacenamiento de miel.

4.4. VARIABLES EVALUADAS

4.4.1. Crecimiento poblacional de las abejas

A partir del día 14, se inició la medición y evaluación de las colmenas en el experimento. Tras retirar la tapa, se contabilizó el número de marcos cubiertos con abejas adultas mediante observación directa. Para estimar el crecimiento poblacional a lo largo del tiempo, se empleó el método de Farrar. En concordancia con este procedimiento, se consideró que un cuadro que estuviera completamente cubierto logra albergar hasta 3 mil abejas y de esta forma, una colonia que estuviera conformada por 30 mil abejas requiere aproximadamente 10 cuadros, mientras que aquella con 60 mil llegaría a ocupar hasta 20 cuadros. Basándose en estos datos y considerando que la primera medición se realizó al inicio del estudio, los registros se efectuaron cada 14 días en horas de la tarde, garantizando que la mayoría de las abejas adultas estuvieran dentro de la colmena durante la evaluación. Para el cálculo del tamaño poblacional, se utilizó la siguiente fórmula:

$$A = MCA \times 3,000$$

Donde:

- **A:** Número de abejas en la colmena.
- **MCA:** Marcos cubiertos de abejas.

4.4.2. Dinámica de postura de las abejas reinas

Para medir esta variable, se analizó cada panal con crías abierta (huevos y larvas) y crías operculadas (capullo y pupa). La medición se llevó a cabo con un bastidor biométrico. En primer lugar, se observó la superficie del panal de cría y reserva de alimento (polen y miel). Posteriormente, se determinó el área de cría utilizando el método del decímetro cuadrado (dm^2), aplicando la siguiente formula:

$$A = 0.8660 \times (\text{tamaño de la celda})$$

$$AC = \text{Número de } dm^2 \times 395 \text{ celdas}$$

Donde:

A: es el número total de celdas en un decímetro cuadrado, equivalente a 395 celdas.

AC: representa el área total con crías en una colmena

Se contabilizó el área correspondiente a las celdas con cría y, Finalmente, al sumar estos valores, se obtuvo el número total de celdas con cría en la colmena.

4.4.3. Consumo de suplemento en colmena

Para determinar el consumo de alimento en las colmenas, se calculó la diferencia entre la cantidad de alimento suministrado y el alimento sobrante. La fórmula utilizada fue:

$$CA = AC - AR$$

Donde:

- **CA:** Consumo de alimento
- **AC:** Alimento consumido
- **AR:** Alimento sobrante

4.4.4. Análisis de costo-beneficio de la alimentación del enjambre

Se llevó a cabo un análisis de costos del tratamiento aplicado durante el ciclo de experimentación, utilizando los datos obtenidos sobre el crecimiento poblacional, la cantidad de panales con crías y la producción de cera. Como primer paso, se elaboró un presupuesto detallado de los gastos incurridos durante el experimento.

Posteriormente, para evaluar la relación entre los beneficios y los costos del apíario experimental, se empleó la siguiente fórmula:

$$\text{Productividad} = \text{Ingresos} - \text{costo total}$$

Donde:

- **Ingresos totales:** Corresponden al valor obtenido por la producción de la población de abejas, así como a la cantidad de panales con cría y a la producción de cera generada durante el ciclo productivo.
- **Costos totales:** Comprenden todos los gastos incurridos durante el ciclo de experimentación, incluyendo la elaboración de la pasta proteica, la preparación del jarabe de azúcar y el alquiler de colmenas Langstroth con enjambre.

4.4.4.1. Producción de abejas

La producción de abejas se calcula mediante la siguiente formula:

$$\text{Producción de abejas (MCA)} = \text{Marco cubierto de abejas final} - \text{marco cubierto de abejas inicial}$$

4.4.4.2. Producción de panales con crías

Para esta medición, se tomó en cuenta el número de panales y se midió el área de cría en decímetro cuadrado (dm^2) utilizando un bastidor biométrico.

La producción de panales con cría se calcula con la siguiente formula:

$$\text{Marcos con cría} = \text{panales con cría final} - \text{panales con cría inicial}$$

4.4.4.3. Producción de cera

Para determinar el peso inicial de producción de cera, se pesó cada marco con sus respectivas láminas de cera utilizando una balanza, de manera individual. En los días establecidos para la toma de datos, se volvió a pesar cada marco con su lámina de cera correspondiente, obteniéndose así el peso final. La producción de cera se calculó restando el peso inicial de cada marco al peso final, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{Producción de cera (g)} = \text{Peso final} - \text{Peso inicial}$$

4.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el presente estudio, se utilizó un diseño completamente al azar (DCA). para la comparación de medias, se aplicó la prueba de TUKEY ($\alpha = 0.05$). se empleó un modelo aditivo lineal con tres tratamientos (T1 y T2), cada uno con cinco repeticiones, además de un tratamiento testigo (T0), las variables de respuesta se analizaron utilizando la siguiente ecuación:

$$Y_{ij} = u + t_i + e_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} : representa la característica observada en cada unidad experimental.

u : es la media del experimento.

t_i : corresponde al efecto de cada tratamiento.

e_{ij} : es el error experimental.

$I = 1, 2, \dots, a$ representa el número de tratamientos.

$J = 1, 2, \dots, b$ indica el número de repeticiones por tratamiento.

V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. CRECIMIENTO POBLACIONAL DE LAS ABEJAS

En la Tabla 14 se muestra el crecimiento poblacional de las abejas y la variación de población a lo largo del experimento. Al respecto, la población de abejas al día 0 no presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($P > 0,05$) (Anexo 10), lo que evidencia que todos los núcleos de abejas iniciaron el experimento con una población homogénea.

El crecimiento poblacional de las colmenas se evaluó bajo tres condiciones experimentales: tratamiento 1 (T1), tratamiento 2 (T2) y un grupo testigo, durante un periodo de 70 días, los datos fueron recolectados cada 14 días, registrando la media de población, el error estándar, la desviación estándar (DS), así como los valores mínimos y máximos observados.

En el Día 0, los tres grupos presentaron poblaciones similares: T1 (15,780), T2 (15,600) y Testigo (15,900), sin diferencias estadísticamente significativas. (Anexo 10) A partir del Día 14, se comenzaron a observar diferencias leves, aunque las letras indicadas ("a") sugieren que aún no existían diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. (Anexo 11)

Para el Día 28, el tratamiento T2 mostró una ligera ventaja con una media de 19,800 abejas, seguido por T1 y Testigo, ambos con 18,600. Sin embargo, todos los tratamientos comparten la misma letra, lo cual indica que las diferencias no fueron estadísticamente significativas. (Anexo 12)

En el Día 42, se evidencia un incremento en la población en todos los tratamientos. T2 alcanzó una media de 21,300 abejas, seguido por T1 (20,700) y Testigo (20,100), manteniéndose las diferencias no significativas. (Anexo 13)

Para el Día 56, el tratamiento T1 superó a los demás con una media de 22,500 abejas, frente a 21,900 (T2) y 20,100 (Testigo). Aunque T1 y T2 muestran un crecimiento considerable, aún se observan letras iguales, indicando que las diferencias no fueron estadísticamente relevantes. (Anexo 14)

Finalmente, en el Día 70, T2 alcanzó la mayor población promedio con 24,900 abejas, seguido por T1 con 24,180 y el grupo Testigo con 23,100. A pesar del

aumento evidente en todos los grupos, las diferencias siguen sin ser significativas según las letras indicadas. (Anexo 15)

Este análisis sugiere una tendencia de crecimiento mayor en los tratamientos T1 y T2 respecto al Testigo, aunque las diferencias estadísticas no fueron concluyentes en los períodos observados. No obstante, T1 mostró un crecimiento más constante a lo largo del tiempo, lo que podría indicar una mayor eficiencia del tratamiento aplicado.

Farrar (1961) establece que cada cuadro cubierto de abejas contiene aproximadamente 3,000 individuos, cada 10,000 abejas obreras pesan aproximadamente 1 kg.

Tabla 14

Crecimiento poblacional de las abejas por días

Variable	TRATAMIENTO	Media	Error estándar de la media	DS	Mínimo	Máximo
DIA 0	T1	15780 a	309	691	15000	16500
	T2	15600 a	367	822	15000	16500
	Testigo	15900 a	367	822	15000	16500
DIA 14	T1	17100 a	600	1342	15000	18000
	T2	17100 a	900	2012	15000	19500
	Testigo	15900 a	367	822	15000	16500
DIA 28	T1	18600 a	1219	2725	15000	21000
	T2	19800 a	1102	2465	16500	22500
	Testigo	18600 a	600	1342	16500	19500
DIA 42	T1	20700 a	1200	2683	18000	24000
	T2	21300 a	1200	2683	18000	24000
	Testigo	20100 a	600	1342	18000	21000
DIA 56	T1	22500 a	1061	2372	19500	25500
	T2	21900 a	1219	2725	19500	25500
	Testigo	20100 a	600	1342	18000	21000
DIA 70	T1	24180 a	1496	3345	21000	29400
	T2	24900 a	1391	3110	21000	28500
	Testigo	23100 a	1391	3110	19500	27000

Leyenda: La presencia de la misma letra en una fila, por ejemplo “a”, señala que no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, según la prueba de Tukey ($p > 0,05$); por otro lado, la sigla DS hace referencia a la desviación estándar de los resultados. Testigo: sin dieta proteica. T1: dieta a base de levadura de cerveza (29,52 % de proteína). T2: dieta a base de levadura de cerveza y aminoácidos sintéticos (33,17 % de proteína) más jarabe de azúcar durante todo el tratamiento.

En la Tabla 15 se presentan los resultados del crecimiento total de abejas en los diferentes tratamientos evaluados. El tratamiento T1 (dieta a base de levadura de cerveza, 29,52 % de proteína) presentó un promedio de 72 180 abejas, con una desviación estándar de 7 104 y un intervalo de confianza del 95 % comprendido entre 64 731 y 79 629.

Este valor fue estadísticamente inferior (letra “b”) en comparación con los demás tratamientos, según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

El tratamiento T2 (dieta a base de levadura de cerveza y aminoácidos sintéticos, 33,17 % de proteína) registró un promedio de 95 700 abejas, con una desviación estándar de 9 916 y un intervalo de confianza del 95 % comprendido entre 88 251 y 103 149, sin diferencias significativas con el grupo testigo (letra “a”).

El grupo testigo presentó un promedio de 90 600 abejas, con una desviación estándar de 5 153 y un intervalo de confianza del 95 % entre 83 151 y 98 049, mostrando valores estadísticamente similares a los de T2.

Estos resultados indican que el tratamiento T1 generó un crecimiento significativamente menor en comparación con T2 y el grupo testigo, mientras que T2 y el testigo no difirieron significativamente entre sí.

Por otro lado, tanto el crecimiento total de abejas T2 mostró el mayor crecimiento poblacional, siendo estadísticamente superior a T1, el testigo no difiere significativamente de T2 ni de T1 (letra “ab”)

Tabla 15

Crecimiento total de abejas

TRATAMIENTO	N	Media	DS	IC de 95%
T1	5	72180 b	7104	(64731, 79629)
T2	5	95700 a	9916	(88251, 103149)
TESTIGO	5	90600 a	5153	(83151, 98049)

Leyenda: Cuando en una misma fila se observan letras distintas, esto señala la existencia de diferencias estadísticas significativas de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0,05$); asimismo, la abreviatura DS corresponde a la desviación estándar de los datos, N: número de colmenas, Testigo = sin dieta proteica; T1: dieta a base de levadura de cerveza 29,52%. T2: dieta a base de levadura de cerveza y aminoácidos sintéticos 33,17% nivel de proteína, más el jarabe de azúcar para todo el tratamiento.

Según Córdova (2017) los resultados obtenidos al inicio de la investigación muestran que no existe diferencias estadísticamente significativas ($P>0.05$) entre tratamientos en cuanto al peso de población inicial (PPI). Sin embargo, en lo que respecta al peso de población final (PPF) se observa que el tratamiento T1, que incluyó harina de soya, presentó un mejor rendimiento, con un promedio de 5,366

Kg (53,660 abejas) por colmena. El tratamiento T2 con un promedio de 5.225 Kg (52,250 abejas), no mostró diferencia significativa ($P>0.05$) respecto a T1, lo que indica una efectividad similar. Por su parte, el tratamiento T3 compartió significancia con el tratamiento control T0 al 5% de nivel de significancia, obtenido promedio de 3.946 kg (39,460 abejas) y 3.4267 kg (34,267 abejas) respectivamente.

Por otro lado, Pilataxi et al. (2017) reportaron que la variable ganancia de peso no presentó diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,01$). La mayor ganancia de peso se registró en el tratamiento control T0 (jarabe + polen), con 6,42 kg (aproximadamente 64 200 abejas), seguido por:

T3: 75 % harina de maíz + 10 % miel + 15 % soya, con 5,75 kg (57 500 abejas).

T2: 50 % harina de maíz + 10 % miel + 30 % soya + 10 % polen, con 5,50 kg (55 000 abejas).

La menor ganancia de peso se observó en el tratamiento T1 (25 % harina de maíz + 10 % miel + 45 % soya + 20 % polen), con un promedio de 3,33 kg (33 300 abejas).

También Abad (2015) se realizaron tres tratamientos con 5 colmenas a evaluar por cada tratamiento, las colmenas Tipo Langstroth estándar y un alza tipo Shalom que se identificó con las letras T y C de acuerdo al tratamiento y número de colmena respectivamente, T0 para el Grupo testigo, También, Abad (2015) realizó un experimento con tres tratamientos, evaluando cinco colmenas por tratamiento. Se emplearon colmenas Tipo Langstroth estándar con un alza tipo Shalom, identificadas mediante las letras T y C según el tratamiento y número de colmena, respectivamente: T0 para el grupo testigo, T1 para suplementación con jarabe de azúcar y T2 para suplementación con panela.

En relación al análisis del promedio del tamaño poblacional de abejas, este evidencio que, el tratamiento T1 logró el valor más alto ya que pudo alcanzar hasta 13,9 marcos abundantes de abejas (MAA) que equivalen a 41 700 individuos; a ese le siguió T2 con 13,6 MAA que equivale a 40 800 abejas y en último lugar el grupo testigo pudo lograr 11,4 MAA o 34 200 abejas y es durante la etapa inicial del estudio que se evidenció el incremento poblacional más notorio en T1 y T2, mientras que en T0 este incremento fue inferior y dicho comportamiento se asocia con el efecto positivo producido por el suplemento alimenticio, el cual estimuló la postura de la reina y, en consecuencia, favoreció el crecimiento de la colonia.

Piedra (2017) resaltó que las diferencias identificadas entre las medias alcanzadas semanalmente resultaron ser estadísticamente significativas; además, el análisis de los intervalos de confianza evidenció valores negativos y ello pudo hacer notar que el grupo de control (T0) presentó un promedio resultante menor al grupo experimental y esta brecha se hizo más notoria a partir de la tercera semana, cuando en la última evaluación se alcanzaron diferencias que oscilaron entre 6,40 kg (64 mil abejas) y 8,36 (83 600 abejas) respecto a la población de las colonias.

El incremento de peso que fue el más destacado dentro del grupo experimental a comparación del grupo de control se puede explicar como un efecto del contenido proteico del alimento que se suministró y que fue diseñado específicamente para satisfacer las necesidades de aminoácidos de (*Apis mellifera*).

Nuñez et al. (2017) realizaron un estudio denominado “Fortalecimiento del rendimiento de abejas (*Apis mellifera*) alimentadas con fuentes proteicas”. Aumento de población (kg): Se observó que el tratamiento T1, que incluyó harina de soya, fue el de mejor desempeño, registrando un incremento de 0.41 kg de población por colmena. Sin embargo, con un nivel de significancia de $p > 0.05$, el tratamiento T2 (0.20 kg) fue estadísticamente igual de efectivo que T1. Por otro lado, el tratamiento T3 presentó un comportamiento similar al tratamiento control T0 al 5 % de significancia, con promedios de -1.07 kg y -1.57 kg, respectivamente.

5.2. DINÁMICA DE POSTURA DE LAS ABEJAS REINAS

En la Tabla 16 se presenta la dinámica de postura de las abejas reinas durante un periodo de 70 días bajo diferentes tratamientos: un grupo control sin suplementación proteica y dos tratamientos experimentales (T1: dieta a base de levadura de cerveza al 29,52%, y T2: dieta a base de levadura de cerveza y aminoácidos sintéticos 33,17%). Se evaluaron las posturas en los días 0, 14, 28, 42, 56 y 70.

Desde el día 0, no se observaron diferencias significativas entre los grupos ($p > 0.05$), lo que indica que las condiciones iniciales fueron homogéneas. (Anexo 17) A partir del día 14, todos los tratamientos mostraron un incremento en la postura respecto al día 0. Aunque no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los grupos, se observa una tendencia a mayor postura en los tratamientos T1 y T2 en comparación con el control (Anexo 18). Esta tendencia se acentúa con el

tiempo, siendo más evidente en el día 28, donde el tratamiento T2 alcanzó una media de 21488 celdas, frente a 17088 en el grupo control. A pesar de que estadísticamente aún se asigna la misma letra ("a") a todos los tratamientos, la diferencia en las medias es notoria. (Anexo 19)

En el día 56, los tratamientos T1 y T2 mantuvieron un comportamiento similar al grupo control, registrando medias de 21 449 y 24 016 individuos, respectivamente, frente a 18 486 observados en el control (véase Anexo 21).

Finalmente, en el día 70, se evidencian diferencias estadísticas significativas ($p<0.05$), como lo indica el uso de letras diferentes en la misma fila: el tratamiento T2 presenta una media significativamente mayor (28006) en comparación con el grupo control (19395), mientras que T1 (24293) se encuentra en un valor intermedio. (Anexo 22)

Estos resultados sugieren que las dietas proteicas, especialmente el tratamiento T2, promueven un mayor desarrollo de la postura en las reinas de abejas a lo largo del tiempo, siendo más efectivas que el grupo control sin suplementación.

Tabla 16*Dinámica de postura de las abejas reinas*

Variable y Detalle	TRATAMIENTO	Media	Error estándar de la media	DS	Mínimo	Máximo
DIA 0	CONTROL	14773 a	632	1413	13035	16590
	T1	15089 a	574	1285	12838	15998
	CAC	14576 a	517	1155	13035	15998
DIA 14	CONTROL	16946 a	1016	2271	15405	20935
	CAC	19671 a	2013	4501	15405	26663
	T1	19197 a	1601	3581	14023	23700
DIA 28	CONTROL	17088 a	1227	2743	15405	21923
	CAC	20224 a	2302	5148	15405	28243
	T1	21488 a	2205	4930	14023	26268
DIA 42	CONTROL	17064 a	1441	3223	13035	21330
	CAC	20264 a	2855	6384	15208	31008
	T2	21488 a	1747	3906	15405	25478
DIA 56	CONTROL	18486 a	2420	5412	12838	27058
	CAC	21449 a	2922	6533	14220	31600
	T2	24016 a	796	1781	22120	25873
DIA 70	CONTROL	19395 b	2183	4881	15010	27058
	CAC	24293 ab	2853	6380	17183	34168
	T2	28006 a	1167	2610	25478	32193

Leyenda: letras diferentes en una misma fila al día 70 indican diferencias estadísticamente significativas (prueba de Tukey $P<0,05$) **DS:** Desviación estándar. **CAC:** Crías abiertas y cerradas.

Testigo: Sin dieta proteica; **T1:** Dieta a base de levadura de cerveza (29,52% de proteína) **T2:** Dieta a base de levadura de cerveza y aminoácidos sintéticos (33,17% de proteína), Además de jarabe de azúcar durante todo el tratamiento.

Según Córdova (2017), en la variable postura de reina (PR) se observaron diferencias estadísticamente significativas ($P<0,01$). El tratamiento T1 (suplemento a base de harina de soya) presentó el mayor número promedio de huevos (4310,3), superando significativamente a los demás tratamientos: T0 (tratamiento control) con 3347,0 huevos, T2 (suplemento a base de harina de arveja) con 3908,3 huevos, y T3 (suplemento a base de harina de lenteja) con 3609,7 huevos.

De acuerdo con Pilataxi et al. (2017), el análisis estadístico de las crías con celda abierta mostró valores homogéneos, es decir, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas. A los 4 días, el número de celdas con cría abierta fue de 173,33; 193,33; 415,00 cm² para los tratamientos T0, T1, T2 y T3, respectivamente. Asimismo, la superficie con cría abierta en estos tratamientos fue de 841,67; 411,00; 715,67 y 1275,67 cm², respectivamente. Aunque las diferencias no fueron significativas, estos resultados sugieren que suministrar alimento en distintas formulaciones permite disponer de más cría en las celdas, lo que favorece una mayor población y una mejor producción de miel y otros productos apícolas.

Finalmente, al cumplirse los 75 días de investigación, se pudo contabilizar la cría de panales en cada tratamiento y los valores fueron de 1842,67 cm² en T0; 1936,67 cm² en T1; 3117,67 cm² en T2 y 1928,33 cm² en T3 y no se encontraron diferencias que fueran significativas ($p > 0,01$); sin embargo, al igual que a los 50 días, el mayor número de crías fue logrado por T2, esto demuestra que, la dieta con 50 % harina de maíz + 10 % miel + 30 % soya + 10 % polen favorecen la producción de cría e incrementan la población de la colmena asegurando una mejor producción de miel.

En tanto, la calidad de cría abierta en los núcleos muestra dependencia, en primer lugar, de la calidad de la reina y, en segundo lugar, de factores como la disponibilidad de celdas; además, se observa que, cuando en la colmena existe cría de diferentes edades, se puede garantizar el recambio oportuno de las abejas pecoreadoras y esto contribuye a mantener un adecuado funcionamiento en la colonia.

Según Abad (2015), en relación con el número de Marcos con Cría Completa (MCC), el tratamiento T1 alcanzó el mayor promedio, con 8,3 MCC, seguido por T2 con 7,8 MCC, y finalmente T0, con el menor promedio de 7,3 MCC. Respecto al análisis estadístico, considerando que el valor $p < 0,05$, se puede afirmar que los resultados no son producto del azar, sino del efecto de los tratamientos. Por lo tanto, existe una diferencia estadísticamente significativa en el número de MCC, siendo T1 (A) estadísticamente superior a T2 (B), y T2 a su vez superior a T0 (C).

Olivos (2010) evaluó el área de cría considerando todos los tratamientos incluidos en su estudio. Concluyó que no existieron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$) entre los grupos: T1 (suplementado con quinua cruda), T2 (suplementado con quinua tostada) y T3 (control), en cuanto al área de cría de las

colmenas. No obstante, se identificó una diferencia estadísticamente significativa al analizar el efecto de la variable semana sobre la superficie de cría. Todos los grupos mostraron una tendencia a disminuir el área de cría conforme avanzaban las semanas, fenómeno que coincidió con la reducción de las temperaturas.

Piedra (2017) evaluó el área de cría operculada al final del experimento, considerando ambos lados de los marcos analizados. Se calculó el área total por colmena y por tratamiento, a partir de la cual se determinó el porcentaje de postura. Se encontró que el grupo testigo presentó una dispersión del 33,3 %, mientras que el grupo experimental mostró una dispersión del 11,08 %. Ambos grupos presentaron una distribución normal, de acuerdo con la prueba de Shapiro-Wilk, y las varianzas entre grupos fueron estadísticamente iguales, lo que permitió aplicar la prueba *t* de Student. Esta arrojó un valor de $p = 0,000$, indicando que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias del porcentaje de postura de los grupos testigo y experimental. La diferencia fue menor en el grupo testigo, con un rango entre 10,38 % y 31,66 %.

Este estudio hizo uso de una fórmula comercial que estuvo compuesta principalmente por aminoácidos, vitaminas y minerales y estuvo diseñada para ofrecer una buena calidad nutricional, fácil digestión y una adecuada disponibilidad de nutrientes y es gracias a esto que, se pudo lograr cubrir de mejor manera las necesidades de las abejas para incrementar la postura y por ello, aunque ambos grupos pudieron ingresar polen y néctar, las medias fueron diferentes resultando más elevadas en el grupo experimental a comparación del grupo testigo.

Chalco (2020) demostró que el tratamiento T1 (miel) presentó diferencias en los bloques I, II y III del estudio en cuanto a la postura, con un promedio de 144 celdillas operculadas. Por su parte, el tratamiento T2 (jarabe de azúcar) mostró resultados favorables en las comunidades Mercedes (Bloque I) y Américas (Bloque II), con un promedio de 159 celdillas operculadas, presentando un comportamiento similar con ligeras diferencias y superando a la comunidad Huayabal (Bloque III), que registró menor cantidad de postura.

En el tratamiento T3 (panela), la postura se mantuvo sin cambios significativos, generando resultados similares en los bloques experimentales, con un promedio de 133 celdillas operculadas. Finalmente, el grupo testigo (T0) no mostró diferencias

significativas, registrando un promedio de 129 celdillas operculadas, situación que podría estar influenciada por la época invernal en que se realizó el experimento.

Si bien los niveles de postura entre los tratamientos T1, T2 y T3 se mantuvieron con promedios similares, al comparar el área de cría entre los distintos tratamientos se constataron diferencias significativas, siendo el suplemento de jarabe de azúcar (T2) el más efectivo para incrementar la postura.

Además, se verificó que la soya, como suplemento proteico, presenta mayor y más rápida adaptabilidad por parte de las abejas, debido a su calidad proteica favorable, lo que la hace un recurso adecuado como sustituto del polen.

Buñay (2017) evaluó la variable “número de marcos de cría” al inicio del experimento, observando que no se registraron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$). Los valores promedio fueron 4,50; 4,00 y 3,50 marcos de cría para los tratamientos con jarabe de azúcar (T1), leche en polvo descremada (T2) y testigo (T0), respectivamente. Esto indica que los tratamientos fueron homogéneos al inicio, sin ninguna ventaja inicial en los parámetros estudiados.

Durante la temporada de invierno, cuando se realizó la suplementación de las abejas con una mezcla de pasta de soya y jarabe de azúcar, se pudo notar mejoras en la reproducción y en la postura; esto se debe a que la abeja reina requiere nutrientes como proteínas, grasas, minerales y vitaminas, los cuales están presentes en la soya y el azúcar.

Al finalizar la investigación, se pudieron hallar diferencias claras entre los diferentes tratamientos ($p < 0,01$); respecto al grupo que recibió jarabe de azúcar (T1) evidenció el mayor número de marcos de cría con un promedio de 6,5; en segundo lugar, se encuentra el tratamiento con leche en polvo descremada (T2) que alcanzó 5,5 marcos, mientras que el grupo de control registró el valor más bajo, con solo 4 marcos en promedio.

Nuñez et al. (2017) realizaron un estudio denominado “Fortalecimiento del rendimiento de abejas (*Apis mellifera*) alimentadas con fuentes proteicas”. Respecto a la variable Postura de Reina (PR), se determinó que existen diferencias estadísticamente significativas ($p = 0.0042$), siendo el tratamiento T1 (suplemento a base de harina de soya) el que presentó el mayor promedio, con 4310.3 huevos. Este valor superó a los demás tratamientos: T0 (control) con 3347.0 huevos, T2

(suplemento a base de harina de arveja) con 3908.3 huevos y T3 (suplemento a base de harina de lenteja) con 3609.7 huevos.

5.3. CONSUMO DE SUPLEMENTO EN LA COLMENA

En la Tabla 17 se presenta el consumo promedio de torta proteica (TP, g) en dos tratamientos dietéticos diferentes. El tratamiento T1, que consistió en una dieta a base de levadura de cerveza con un 29.52% de proteína, mostró un consumo promedio de 2.117 g, con un error estándar de 0.226 y una desviación estándar de 0.506. Por otro lado, el tratamiento T2, que incluyó una dieta con levadura de cerveza y aminoácidos sintéticos con un nivel proteico de 33.17%, presentó un menor consumo promedio de 1.764 g, con un error estándar de 0.192 y una desviación estándar de 0.429.

Estos resultados indican que la población de abejas bajo el tratamiento T1 consumieron significativamente más torta proteica que aquellos del tratamiento T2 ($P<0.05$), esta diferencia sugiere que la inclusión de aminoácidos sintéticos en T2 podría haber influido en la palatabilidad o aceptación del alimento, reduciendo el consumo voluntario. (Anexo 23)

Los valores mínimo y máximo de consumo también respaldan esta tendencia: en T1 se registraron consumos entre 1.423 y 2.617 g, mientras que en T2 el rango fue de 1.281 a 2.166 g.

Tabla 17

Consumo de torta proteica

Variable	TRATAMIENTO	Media	Error estándar de la media	DS	Mínimo	Máximo
CONSUMO TP, g	T1	2.117 a	0.226	0.506	1.423	2.617
	T2	1.764 a	0.192	0.429	1.281	2.166

Leyenda: letras iguales en una misma fila indica que no existe diferencia estadística (Tukey $P<0.05$).
TP: Torta proteica. **DS:** Desviación estándar. **T1:** dieta a base de levadura de cerveza 29,52%. **T2:** dieta a base de levadura de cerveza y aminoácidos sintéticos 33,17% nivel de proteína.

En el estudio de Pilataxi, et al., (2017), evaluaron el impacto de niveles elevados de proteína (superiores al 33,17%) en el consumo de alimento, encontrando que

dichos niveles reducen el consumo; en los tratamientos con alimentación sólida T0= Jarabe + polen, T1= 25 % Harina de maíz + 10 % miel + 45 % soya + 20 % de polen; T2= 50 % harina de maíz+ 10 % miel + 30 % soya +10 % polen ; T3=75 % harina de maíz + 10 % miel + 15 % de soya, no se observaron diferencias estadísticas significativas en el consumo, con promedios de 262, 254.57 y 256 g respectivamente.

En otro estudio realizados por Córdova (2017), analizó el consumo semanal de suplementos proteicos a base de soya (T1), arveja (T2) y lenteja (T3). Se encontró que T1 y T2 mostraron diferencias estadísticas significativas ($P > 0.0008$), con consumos promedio de 266.55 g y 240.80 g respectivamente, mientras que el consumo en T3 fue menor (122.59 g).

León (2018) evaluó el uso de harina de *Prosopis juliflora* (tramil) como fuente de alimentación proteica, en comparación con un tratamiento control. Los resultados indicaron que este suplemento aumenta el flujo de abejas (*Apis mellifera*) y mejora la producción de miel durante la cosecha. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula planteada en el estudio y se acepta la hipótesis alterna.

Además, el análisis de correlación demostró una relación positiva y fuerte ($r = 0,98$) entre las variables flujo de abejas y producción de miel en todos los tratamientos evaluados, indicando que un mayor flujo de abejas se asocia con un incremento en la producción de miel.

Buñay (2017), señala que, para la variable "consumo de alimento" en los núcleos evaluados, T0: Tratamiento testigo (Sin alimento artificial) T1: Jarabe de azúcar T2: Jarabe con leche en polvo desnatada, el tratamiento testigo basado en una alimentación natural presentó diferencias significativas frente a los tratamientos T1 y T2, que utilizaron alimentación artificial. En estos últimos, se observaron diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0.01$), registrándose el mayor consumo con el jarabe de azúcar (153.5 g) y el menor con leche en polvo descremada (136.6 g). Con estos datos, se deduce que el alimento con mayor palatabilidad para las abejas fue el jarabe de azúcar.

Montero et al. (2012) indicaron que el consumo promedio de la pasta alimenticia, en sus diferentes formulaciones ensayadas, fue similar, sin observarse diferencias significativas entre tratamientos. No obstante, la pasta formulada con harina de

había presentó un mayor consumo numérico en comparación con las otras dos formulaciones. En todos los casos, el consumo alcanzó aproximadamente el 90 % cuatro días después de ser suministrada a las abejas, consumiéndose posteriormente en su totalidad. Las abejas obreras consumieron la pasta alimenticia en sus tres formulaciones de manera ávida, evidenciando que resultó muy atractiva y agradable para ellas. Por lo tanto, se recomienda el uso de polen, soya y harina de leguminosas como insumos para la formulación de dietas, siendo esta última una opción de menor costo.

Piccalalico (2019) evaluó el consumo de torta proteica utilizando el cuadrado de Pearson modificado, considerando diferentes niveles de proteína en los tratamientos (T1: 18 %, T2: 20 % y T3: 22 %), en relación con el número de visitas registradas cada 8 días. Los resultados mostraron que el tratamiento T2 presentó el mayor consumo de torta proteica, con 484,5 g de alimento, seguido por T1 con 430,5 g y, finalmente, T3 con 411,5 g.

El análisis de varianza (ANOVA) aplicado a esta variable evidenció diferencias significativas: T2 fue superior a T1 con un nivel de significancia de $p < 0.05$, y altamente superior a T3 con $p < 0.001$. No se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos T1 y T3.

Nuñez et al. (2017) realizaron un estudio denominado “Fortalecimiento del rendimiento de abejas (*Apis mellifera*) alimentadas con fuentes proteicas”. Consumo de tortas proteicas (CTP): Para evaluar el consumo semanal de cada suplemento, se realizó el análisis estadístico únicamente para los tratamientos con suplemento: T1 (harina de soya), T2 (harina de arveja) y T3 (harina de lenteja). El grupo control (T0) no fue incluido, ya que no recibió ningún tipo de torta proteica. En la Tabla 2 se observa que los tratamientos T1 y T2 presentaron consumos significativamente mayores ($p = 0.0008$), con promedios de 266.55 g y 240.80 g de alimento consumido, respectivamente. En contraste, el tratamiento T3 mostró un consumo considerablemente menor, con un promedio de 122.59 g.

5.4. ANÁLISIS DE COSTO-BENEFICIO DE LA ALIMENTACIÓN DEL ENJAMBRE

En la Tabla 18 Análisis de costo del tratamiento se presenta el desglose de egresos asociados a tres grupos experimentales: Testigo, T1 y T2, en relación con

diferentes conceptos de gasto (torta proteica, jarabe de azúcar, alquiler de colmenas, mano de obra, alimentador y cera estampada). Se observa que:

Torta proteica: el mayor gasto se presenta en el tratamiento T1 (S/. 56,1), seguido del Testigo (S/. 31,2) y T2 (S/. 49,4).

Jarabe de azúcar: se mantiene constante en los tres grupos, con un gasto de S/. 31,2.

Alquiler de colmenas y mano de obra: los costos son iguales para todos los tratamientos (S/. 20,0 y S/. 0,3 respectivamente).

Alimentador y cera estampada: presentan incrementos graduales en los tres grupos, siendo el valor más alto para T2 (S/. 25,2).

En cuanto al total de egresos, el grupo con menor costo es el Testigo (S/. 122,5), seguido de T2 (S/. 176,1) y T1 (S/. 180,7). Esto indica que los tratamientos alimenticios incrementan el costo total respecto al grupo control, con T1 representando el mayor gasto global

El análisis de costos permitió identificar que la implementación de dietas alimenticias incrementa significativamente el gasto total por tratamiento, en comparación con el grupo control. El tratamiento T1 presentó el mayor costo (S/. 180,7), debido principalmente al valor más elevado en torta proteica. El tratamiento T2 registró un costo total de S/. 176,1, ligeramente inferior al T1, mientras que el Testigo presentó el menor costo (S/. 122,5). Estos resultados evidencian que la elección de la dieta influye directamente en el presupuesto de manejo, siendo la torta proteica el insumo de mayor impacto económico.

Tabla 18*El análisis de costo del tratamiento*

Concepto	Dietas Alimenticias			
	Unidad	Testigo	T 1	T2
Torta proteica	S/		56.1	49.4
Jarabe de Azúcar	S/	31.2	31.2	31.2
Alquiler de colmenas	S/	50	50	50
Mano de obra	S/	20	20	20
Alimentador	S/	0.3	0.3	0.3
Cera estampada	S/	21	23.1	25.2
Total, de egresos	S/	122.5	180.7	176.1

En la Tabla 19, correspondiente al análisis de beneficio del tratamiento, se observa que las dietas alimenticias suplementadas influyeron de manera positiva en el desarrollo de las colonias de abejas, reflejándose en mejores parámetros productivos y económicos respecto al grupo testigo.

En cuanto a la población de abejas, el tratamiento T2 alcanzó el valor más alto (93), seguido de T1 (84) y el grupo control (72). En el caso de la cría cerrada y abierta, T2 presentó un valor de S/ 67,15, lo que representa un incremento del 190,6 % con relación al control (S/ 23,1) y del 45,9 % respecto a T1 (S/ 46).

En la reserva de polen y miel, tanto T1 como T2 obtuvieron un valor de S/ 50, mientras que el grupo testigo registró S/ 40. Finalmente, el total de ingresos fue mayor en T2 (S/ 222,1), seguido de T1 (S/ 191) y el control (S/ 145,1), evidenciando un aumento del 52,99 % en T2 frente al grupo testigo y del 16,29 % en comparación con T1.

Estos resultados permiten inferir que la dieta utilizada en T2 ofreció una combinación de nutrientes más equilibrada, lo que favoreció el crecimiento poblacional, la actividad de cría y la acumulación de reservas, traduciéndose en un mayor beneficio económico.

Tabla 19*El análisis de beneficio del tratamiento*

Concepto	Dietas Alimenticias en soles			
	Unidad	Testigo	T 1	T2
Población de abejas	S/	72	84	93
Cría cerrada y abierta	S/	23.1	46	67.1
Reserva de polen y miel	S/	40	50	50
Panal de abejas	S/	10	11	12
Total, de ingresos	S/	145.1	191	222.1

En la Tabla 20 se comparan tres escenarios: un testigo (sin tratamiento) y dos tratamientos (T1 y T2) en términos de total de ingresos, total de egresos y retribución económica.

El análisis costo-beneficio evidenció diferencias significativas entre los tratamientos evaluados y el grupo testigo. El tratamiento T2 registró el mayor ingreso total (S/ 222,1) y la mayor retribución económica (S/ 46,1), superando tanto al tratamiento T1 (S/ 10,3) como al testigo (S/ 22,6). Aunque los costos de producción fueron más elevados en T1 (S/ 181,7) y T2 (S/ 176,1) en comparación con el testigo (S/ 122,5), el aumento en los ingresos permitió que T2 obtuviera la mayor rentabilidad neta. Estos resultados sugieren que la aplicación del tratamiento T2 es económicamente más ventajosa, ya que optimiza la relación beneficio/costo.

Tabla 20*El Análisis de beneficio / costo del tratamiento*

Concepto	Tratamientos			
	Unidad	Testigo	T 1	T2
Total de ingresos	S/	145.1	191	222.1
Total de egresos	S/	122.5	180.7	176.1
Retribución económica	S/	22.6	10.3	46.1

Los resultados obtenidos, coinciden con los que señala Chalco (2020) quien halló que los tratamientos T1 y T2 fueron los que más fueron aceptados por las abejas; no obstante, el suplemento T1 resulta tener mayor costo, mientras que T2 resulta

más económico y fácil de conseguir para su preparación; en contraste T3 no fue aceptado por la población y adicionalmente, su elaboración requiere un gasto extra por concepto de transporte, en consecuencia, se puede descartar.

En relación con la variable costos parciales por tratamiento, no se aplicó el esquema de Beneficio/Costo, debido a que los bloques en estudio eran núcleos, los cuales deberían contar con una población aproximada de 5,000 individuos, conformados cada uno por 4 marcos de una colmena tipo Langstroth.

Por otra parte, Buñay (2017) indicó que, en términos económicos, el tratamiento T1 (jarabe de azúcar) representó una inversión de \$179,16, seguido por el T2 (jarabe de leche en polvo descremada) con \$191,16, y el tratamiento testigo (T0) con \$119,00. Estos costos son relativamente elevados, ya que la alimentación se aplicó con el objetivo de mantener las colmenas y recuperar la población de abejas.

Este hallazgo muestra que, si los pequeños apicultores no brindan a sus colmenas una alimentación suplementaria que sea adecuada, estos correrían el riesgo de perderlas, lo que ocasionaría importantes pérdidas en su producción.

Pilataxi et al. (2017) calculó la relación entre el beneficio y el costo para los diferentes tratamientos considerados y reportó que, el grupo de control que consistió en un jarabe de polén (T0) pudo alcanzar un valor de 1,06 y por su parte, los tratamientos experimentales que incluyeron diferentes valores de adición de harina de maíz, miel, soya y polen (T1, T2 y T3) lograron un valor que fue ligeramente superior con un B/C de 1,10 en cada caso.

Estos resultados evidencian que, los diferentes tratamientos (T1, T2 y T3) mostraron mayor rentabilidad, ya que, por cada dólar invertido logran generar una utilidad de 0,10 dólares; pero, esta ganancia es pequeña a comparación de lo que reportan otros estudios donde, además, se considera a la producción de miel, lo que eleva los beneficios que se obtienen.

Finalmente, el grupo de control pudo lograr un valor en la relación B/C bastante inferior con 1,05 y esto significa que, por cada dólar que se invierte solo se puede generar una utilidad de 0,05 dólares y de esta manera, se puede confirmar que el uso de los suplementos alimenticios presenta un efecto positivo y notable respecto a la rentabilidad de las colmenas.

CONCLUSIONES

En función a los resultados obtenidos en la presente investigación se llegan a las siguientes conclusiones:

1. La suplementación con levadura de cerveza y aminoácidos sintéticos, alcanzó los valores más altos de crecimiento poblacional, lo que sugiere que este tipo de dieta favorece un desarrollo similar o incluso superior al observado bajo condiciones controladas.
2. Las dietas proteicas, en especial la del tratamiento T2 (levadura de cerveza más aminoácidos sintéticos), favorecen significativamente el aumento de la postura de las abejas reinas a lo largo del tiempo, demostrando su efectividad para promover el desarrollo y productividad de las reinas.
3. La variación en el nivel de proteína de la dieta (29,52 % vs. 33,17 %) no influye significativamente en el consumo de torta proteica en las condiciones evaluadas.
4. El tratamiento T2 es el más rentable de los evaluados, al presentar el mayor beneficio económico neto a pesar de sus mayores costos de implementación. Su relación ingreso/egreso resulta más favorable que la de T1 y el testigo, lo que lo convierte en la alternativa más recomendable desde el punto de vista económico para maximizar la rentabilidad.

RECOMENDACIONES

Con base en las condiciones en las que se llevó a cabo la presente investigación y los resultados obtenidos, se recomienda lo siguiente:

1. Implementar alimentación artificial en los apiarios durante temporadas críticas, como lluvia persistente, granizada o sequías prolongadas. Esto permitirá un desarrollo adecuado de la cría y caracterizará colmenas fuertes y pobladas. Además, se recomienda aprovechar los períodos de prefloración de 60, 90 días para evaluar su impacto en la producción, costos y productividad.
2. Motivar a los pequeños y medianos apicultores de la región del Cusco a implementar una alimentación suplementaria adecuada, considerando las condiciones ambientales propias de cada localidad, con el propósito de optimizar la producción y mejorar la rentabilidad de las colmenas.
3. Evaluar el uso de aminoácidos y vitaminas en la suplementación alimentaria, especialmente en las etapas de crecimiento poblacional, ya que su incorporación podría tener un efecto positivo en el rendimiento productivo de los enjambres.
4. Garantizar la presencia de reinas de buena calidad genética y con una edad máxima de dos años, asegurando una postura compacta y ordenada. Esto favorecerá colmenas con mayor consumo de alimento y una población de abejas más abundante.
5. Identificar la flora melífera y determinar el inicio y fin de su floración para cada especie del lugar. Esto permitirá elaborar una curva del aporte de néctar y polen a lo largo del año, optimizando la planificación apícola.

BIBLIOGRAFÍA

- Abad, A. (2015). Efecto de la alimentación con panela y jarabe de azúcar en la evolución de la población de *Apis mellifera* para la producción de miel. Ecuador: Tesis para optar al título de Médico Veterinario Zootecnista, Universidad Nacional de Loja. Obtenido de: <https://dspace.unl.edu.ec/server/api/core/bitstreams/67a6d3ee-efbd-4613-96ff-cec951cc6366/content>
- Argüello, O. (2014). Guía Técnica de Nutrición Apícola. Fondo Multilateral de Inversiones Miembro del grupo BID. Obtenido de: <https://www.osiap.org.mx/senasica/sites/default/files/nutricion%20apicola.pdf>
- Bazzurro, D. (1999). Corona de Apicultores. Honduras: Canelones.
- Bedascarrasbure, M., Moja, J., & Rodríguez, G. (2020). Buenas prácticas apícolas para la alimentación artificial, módulo 2: Nutrición y Alimentación de las abejas. PROCADIS y Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca Argentina. Obtenido de: <https://villadesoto.gob.ar/wp-content/uploads/2022/07/Nutricion-Y-Alimentacion-JOAQUIN-MOJA.pdf>
- Braille, L. (15 de febrero de 2022). Pan de abeja. ¿Qué es y en qué se diferencia del polen? Verde miel. Obtenido de <https://www.verdemiel.es/blog/2022/02/15/el-pan-de-abeja-el-producto-mas-completo-de-la-colmena/>
- Buñay, M. (2017). Efecto de la alimentación artificial en abejas *Apis mellifera* mediante la utilización de leche en polvo desnatada y jarabe de azúcar. Red de Repositorios latinoamericanos. Ecuador: Tesis para optar el título de Ingeniera Zootecnista, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Obtenido de: <https://es.scribd.com/document/710518065/17T1511>
- Buztinza, R. (2014). Determinación de población de abejas en la colmena N°3, "Centro Experimental Pachachaca" FMVZ-UNAMBA. Universidad Nacional Micaila Bastidas de Apurímac. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/252328000/DETERMINACION-DE-POBLACION-DE-ABEJAS-docx>
- Castillanos, B. (18 de setiembre de 2020). Alimentación y nutrición en abejas. Revista Agroregión. Obtenido de <https://agroregion.com/articulo?id=269>

- Chabert, S., Requier, F., Chadoeuf, J., Guilbaud, L., Morison, N. & Vaissière, B. (2021). Rapid measurement of the adult worker population size in honey bees. *Ecological Indicators*, 122: 1-12. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107313>
- Chalco, E. (2020). Efecto de alimento suplementario para el desarrollo de colonias de abejas (*Apis mellifera*), en tres diferentes altitudes de producción en el municipio de La Asunta. *Apthapi*, 6 (1): 1763-1772. doi: <https://doi.org/10.53287/wkmj4148em16d>.
- Clima Perú (2025). *Clima en Cusipata hoy y pronostico del tiempo a 14 días*. pelmorex corp. Obtenido de <https://www.clima.com/peru/cusco/cusipata>
- Cobo, A. (1977). Alimentación de las abejas. Madrid: Hojas Divulgadoras, Ministerio de Agricultura. 22-77 pp. Obtenido de <https://archive.org/details/241309849AlimentacionDeLasAbejas>
- Cordoba, S. (2009). Relación entre el tamaño de celdilla y densidad de alveolos por dm². La tienda apidroches. Obtenido de <https://apicolalospedroches.com/>
- Córdova, V. (2017). Evaluación de fuentes proteicas en la alimentación de las abejas (*Apis mellifera*). Ecuador: Tesis para optar el título de Médico Veterinario Zootecnista, Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de: <https://www.studocu.com/bo/document/universidad-autonoma-juan-misael-saracho/economia-agraria/tesis-de-abejas-a-base-de-arveja-etc/89202679>
- Corona Apicultores. (11 de diciembre de 2012). Alimentación Artificial. Obtenido de <https://coronaapicultores.blogspot.com/2012/12/alimentacion-artificial.html>
- Corona Apicultores (18 de marzo de 2017). Requerimientos Nutricionales de las abejas. Obtenido de <https://coronaapicultura.blogspot.com/2017/03/requerimientos-nutricionales-de-las.html>
- Corona Apicultores. (10 de marzo de 2017). Anatomía digestiva de las abejas. (R. K. Cooperativa, Ed.) Corona Apicultores, 20:20.
- Corona Apicultores (2013). EL ciclo de vida de la abeja del huevo al imago. Obtenido de <https://coronaapicultores.blogspot.com/2013/12/el-ciclo-de-vida-de-la-abeja-del-huevo.html>
- Corona Apicultores (28 de mayo de 2021). *El canibalismo propaga el virus de las alas deformadas*. Obtenido de <https://www.nature.com/articles/s41598-021-88649>

- Dine, C., & Bedascarrasurre, E. (2011). Manual de apicultura para ambientes subtropicales. Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuario. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/601589315/Manual-Apicultura-Subtropical>
- Farrar, C. (1961). Regla de Farrar. (Economic Entomology) Obtenido de: https://es.wikipedia.org/wiki/Regla_de_Farrar
- Franco, M. (2016). Tema 2: La biología de las abejas. FCA-UNER. Obtenido de <https://es.slideshare.net/slideshow/biologa-de-las-abejas-ayeln-franco-donda/60247265>
- Gabús, E. (13 de octubre de 2011). Métodos para evaluar la población de abejas. Apicultura en Mansiones. Obtenido de <https://edmundofgabus.blogspot.com/2011/10/metodos-para-evaluar-la-poblacion-de.html>
- Gilliam, M. (1979). Micribiology of pollen and bee bread: The yeasts. *Apidologie*, 10(1), 43-53. doi:<https://doi.org/10.1051/apido:19790106>
- Gómez, A. (01 de enero de 2018). La alimentación en las abejas. ¿Por qué alimentar a las colmenas? La tienda de Apicultor. Obtenido de <https://www.latiendadelapicultor.com/blog/alimentacion-en-las-abejas/#:~:text=%EE%80%80La%20abeja%EE%80%81%20es%20uno%20de%20los%20pocos%20animales%20utilizados>
- Google Earth. (2025). *Comunidad Campesina de Patacolca, distrito Cusipata, provincia Quispicanchi*. Obtenido de [https://earth.google.com/web/search/comunidad+de+Patacolca+\(Quispicanchis,+Cusipata\)/@-13.8664013,-71.5033814,3555.18412547a,1062.72662301d,35y,216.40097213h,45t,0r/data=CqABGnISbAoIMHg5MTZIZWJiZTAzYjI5MmY1OjB4ZWNjZDY5OTlmZTVINGYyZRI8bIHzmLsrwCGKmp5mN-B](https://earth.google.com/web/search/comunidad+de+Patacolca+(Quispicanchis,+Cusipata)/@-13.8664013,-71.5033814,3555.18412547a,1062.72662301d,35y,216.40097213h,45t,0r/data=CqABGnISbAoIMHg5MTZIZWJiZTAzYjI5MmY1OjB4ZWNjZDY5OTlmZTVINGYyZRI8bIHzmLsrwCGKmp5mN-B)
- Hernández, E. (2014). Ciclo de vida de la abeja (*Apis mellifera*). Slideshare. Obtenido de <https://pepemiel.com/contacto/>
- Hostos, C. (2020). Apicultura: qué es, tipos, productos e importancia. Agrotendencia. Obtenido de <https://agrotendencia.tv/agricultura/apicultura/apicultura-y-produccion-de-miel-de-abeja>

- Huang, Z. (2010). Honey Bee Nutrition. Extensión. American Bee Journal, 150: 773-776. Obtenido de <https://www.semanticscholar.org/paper/Honey-bee-nutrition-Huang/ddc3f429cb60b8b42abe8075a2ede138daaa42b3>
- Ivars, J. (11 de junio de 2013). Vitaminas y aminoácidos para abejas. la tienda de apicultor. Obtenido de <https://www.latiendadelapicultor.com/blog/la-suplementacion-proteica-en-las-abejas-guia-completa/>
- Ivars, J. (04 de diciembre de 2014). Composición química de la jalea real. La tienda de apicultor. Obtenido de <https://www.latiendadelapicultor.com/blog/como-producir-jalea-real/>
- Ivars, J. (11 de febrero de 2016). La importancia de la proteína en las abejas. La tienda de Apicultor. Obtenido de <https://www.latiendadelapicultor.com/blog/abejas-gordas-la-importancia-de-la-proteina-en-la-abeja/>
- León, C. (2018). Utilización de tres fuentes de proteína vegetal no tradicional, en la alimentación de abejas (*Apis mellifera*) y su efecto en la producción de miel y en el flujo de abejas. Guatemala: Tesis para optar al título de Licenciado en Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala. Obtenido de: <http://www.repository.usac.edu.gt/9786/1/Tesis%20Med%20Vet%20Carlos%20H%20De%20León%20Castro.pdf>
- Lesko, M. (14 de enero de 2024). Qué es el pan de abeja: definición, composición y proceso de elaboración. PollenPaths. Obtenido de <https://pollenpaths.com/es/que-es-el-pan-de-abeja>
- Llorente, J. (2008). Anatomía interna de las abejas. Fundación amigos de las abejas. Obtenido de <https://abejas.org/anatomia-interna-de-las-abejas>
- MacNeil, C. (29 de enero de 2025). Análisis costo-beneficio: 5 pasos para tomar mejores decisiones en tu negocio. Asana. Obtenido de <https://asana.com/es/resources/cost-benefit-analysis>
- Montero, A., Mantos, A., & Chura, J. (2012). Dietas artificiales en la crianza de la abeja melífera, *Apis mellifera* L. Anales Científicos. 73(1):1-5. doi: <https://doi.org/10.21704/ac.v73i1.863>
- Muñoz, O, García, O, Olavarría, P. & Segovia, P. (2022). Manual de transferencia, uso y aplicabilidad de alimentos para abejas. Proyecto Alimento Bioativo para abejas-FICR 19-46, 1-20. Obtenido de <https://agrarias.uach.cl/wp-content/uploads/2022/12/Manual-Final.pdf>

- Nieve, J. (2022). Digestión de polen de las abejas. Apiculturas org. Obtenido de <https://apiculturas.org/digestion-del-polen-de-las-abejas/>
- Nuñez, O., Almeida, R., Rosero, M., Lozada, E. (2017). Fortalecimiento del rendimiento de abejas (*Apis mellifera*) alimentadas con fuentes proteicas. *J. Selva Andina Anim Sci.*, 4 (2): 95-103. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/pdf/jsaas/v4n2/v4n2_a02.pdf
- Ortega, B. (2023). Análisis coste-beneficio. 5: 147-149. eXtoicos. Obtenido de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5583839>
- Olivos, M. (2010). Evaluación de suplementos alimenticios para *Apis mellifera* L Adatados a la Araucania. Chile: Tesis para optar al título de Médico Veterinario, Universidad Austral de Chile. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/fvo.49e/doc/fvo.49e.pdf>
- Pajuelo, A. (12 de julio de 2024). Abejas: El efecto dominó de una nutrición deficiente. Véto-pharma. Obtenido de <https://www.blog-veto-pharma.com/es/abejas-el-efecto-domino-de-una-nutricion-deficiente/>
- Palacio, M. (2009). Alimentación Natural-Digestión. INTA. Obtenido de <https://es.slideshare.net/slideshow/almentacion-natural-alejandra-palacio/14278260#1>
- Philippe, J. (2008). Guía del Apicultor, utilizable en todas las regiones del mundo. Barcelona: Ediciones Omega. Obtenido de <https://archive.org/details/230484047JeanMariePhilippeGuiaDelApicultor/mode/2up>
- Piccalalico, J. (2019). *Suministro de torta proteica como suplemento de polen con trs niveles de proteína en el crecimiento poblacional de abejas-Centro Agronómico K'ayra*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Zootecnista, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Obtenido de https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/5517/253T20190907_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Piedra, M. (2017). Evaluación de la suplementación de una fórmula nutricional a base de vitaminas, minerales y aminoácidos a abejas melíferas (*Apis mellifera*), medida a través del peso de la colmena, porcentaje de postura de la reina (cria operculada) y cantidad de proteína. Quito: Tesis para optar el título de Médico Veterinario Zootecnista, Universidad Central del Ecuador.

- Obtenido de
<https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/7c809722-98fa-4dd6-bcd5-6c7b0209ab58/content>
- Pilataxi, H., Usca, J., & Feijoo, A. (2017). Evaluación de diferentes dietas alimenticias en la formación de núcleos de abejas. Polo del Conocimiento, 7(7): 1019-1034. doi: 10.23857/pc.v7i7
- Prost, P., Jle, S. & Le Conte, Y. (2007). Apicultura, conocimiento de la abeja, manejo de la colmena. 4° Edición. Madrid: Mundi prensa.
- Pudasaini, R., Dhital, B. & Chaudhary, S. (2020). Requerimiento nutricional y su papel en las abejas melíferas: una revisión. *Journal of Agriculture and Natural Resources*. 3(1): 2661-6289. doi: <https://doi.org/10.3126/janr.v3i2.32544>
- Reid, R. (1980). *Una vez en la vida, colmena*. Obtenido de
<https://es.scribd.com/document/118866800/Farrar#content=query:reid,page Num:1,indexOnPage:0,bestMatch:false>
- Romero, N. (05 de julio de 2024). Ciclo de vida de la abeja. Experto Animal. Obtenido de <https://www.expertoanimal.com/ciclo-de-vida-de-las-abejas-26614.html>
- Rothschuh, U. (24 de enero de 2022). El ciclo de vida de las abejas. Ecología verde. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/el-ciclo-de-vida-de-las-abejas-3650.html>
- SAGARPA. (2019). Manual de buenas prácticas en el manejo y envasado de miel. 4° edición. Mexico: Certimex.
- Sánchez, C. (2013). Crianza y producción de abejas - apicultura. Lima: Ediciones Repalme.
- Serrano, G. (2003). Alimentación artificial de la colmena. Manual para actividades agropecuarias y forestales en la montaña. EcRred. Obtenido de https://www.ecured.cu/index.php/Alimentaci%C3%B3n_artificial_de_la_colmena
- Taha, K., & kahtani, S. (2017). Contenido de proteína y composición de aminoácidos del polen de abejas de las principales fuentes florales. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 26 (2): 232-237. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31485159/>

- Tsuruda's, J., Chakrabarti, P. & Sagili, R. (2021). Honey Bee Nutrition. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, 37(3): 505-519. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2021.06.006>
- Valega, O. (2008). Las reservas de los alimentos de la colmena. Apícola Don Guillermo. Obtenido de https://www.apiservices.biz/documents/articulos-es/las_reservas_de_los_alimentos_en_la_colmena.pdf
- Valega, O. (2011). Nutrición de las abejas. Apícola de Don Guillermo. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/694337085/Nutricion-de-las-abejas>
- Valega, O. (2016). Nutrición de las abejas. Apícola Don Guillermo. Obtenido de : <https://docplayer.es/27673193-La-colmena-vista-como-un-organismo.html>
- Valega, Orlando. (09 de mayo de 2024). Cuerpo graso en la abeja. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/730840500/Cuerpo-graso-en-la-abeja>
- Vivas, J. (febrero de 2014). Estructura y Función del sistema digestivo de las abejas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Obtenido de <http://ica.mxl.uabc.mx/apicultura/1.%20ESTRUCTURA%20Y%20FUNCION%20DEL%20SISTEMA%20DIGESTIVO%20DE%20LAS%20ABEJAS.pdf>
- Vivas Rodriguez, R. A. (2013). Nutrición de las abejas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Obtenido de <http://ica.mxl.uabc.mx/apicultura/3.%20NUTRICION%20DE%20LAS%20ABEJAS.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Formación de núcleos e inserción de reinas de 3 meses de edad

a) Selección de la colmena madre.



b) Formación del núcleo de abejas con población 5.2 Marcos cubiertos de abeja (MCA).



c) Núcleo de abejas en colmena Langstroth.



d) Inserción de una reina de tres meses de edad.



Anexo 2. Imágenes generales de la ubicación e instalaciones implementadas en el experimento

a) Instalación de colmenas en línea recta.



b) Colmena seleccionada de forma aleatoria.



c) Bastidor con crías operculadas (7.2 dm²).



d) Bastidor cubierto de abejas (3,000 individuos).



Anexo 3. Imágenes de la elaboración de las dietas experimentales

a) Pesado de ingredientes de acuerdo a la formula.



b) Mezcla de ingredientes con glucosa.



c) Pesado de torta proteica.



d) Suministro de Torta proteica



Anexo 4. Imágenes de la administración de las dietas experimentales

a) Administración de pasta proteica y jarabe de azúcar en primeras semanas.



a) Administración de pasta proteica y jarabe de azúcar en cuarta semana

b) 6 Marcos cubiertos de abejas



d) Administración de pasta proteica y jarabe de azúcar en noveno semana



Anexo 5. Imágenes de consumo de dietas experimentales

a) Torta proteica consumida durante experimento.



b) Torta proteica rechazada dentro de octavo día



a) Colmenas en experimento y evaluado



d) Torta proteica administrada y pesado el alimento rechazado después de octavo día.



Anexo 6. Imágenes de evaluación de desarrollo vegetativa de la población de las abejas

a) Falso panal de abejas sujetado en alimentador.



b) Desarrollo y crecimiento poblacional de abejas en nuevos bastidores



a) Medición con bastidor biométrico el panal con cría (7.5 dm²)



d) 9 marcos cubiertos de abejas con 27000 individuos.



Anexo 7. Imágenes de la producción a base de alimentación

- a) Producción de cera y construcción de celdas hexagonales para postura de reina
- b) Panal con cría abierta (huevo y larvas) y operculada (ninfas e imago)



- a) La alimentación ad libitum y apetecible de torta proteica y jarabe de azúcar



- d) Colocación de cera estampada en el proceso de alimentación de la colmena



Anexo 8. Dietas empleadas en el estudio, base fresca

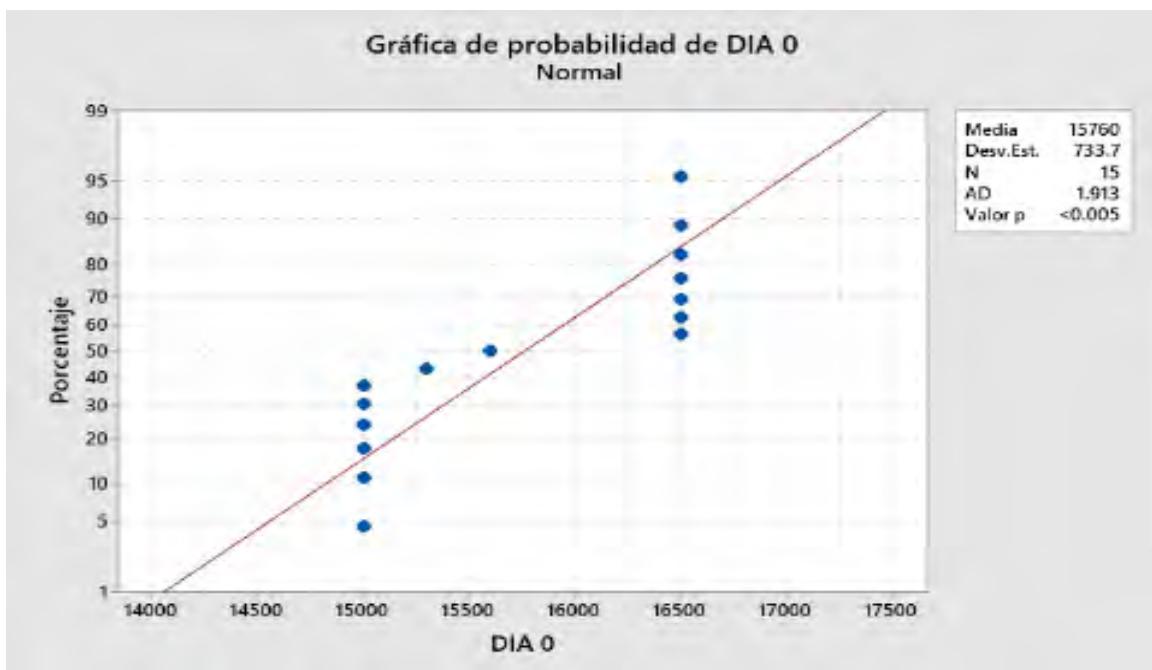
Ingredientes	T1	T2
Levadura de cerveza	27.5	26.5
Dextrosa	22.5	21.52
Delac	0	1
L-Lisina	0	0.05
DL -Metionina	0	0.225
L-valina	0	0.05
L-trifofano	0	0.175
L-treonina	0	0.05
Premix minerales	0	0.1

Anexo 9. Valoración nutricional del alimento balanceado

Detalle	Tratamiento	
Elemento, %	T2	T1
Proteína DUMAS	33.17	29.52
Grasa NIR	2.74	2.76
Fibra NIR	66.2	65.65
HUMEDAD ANALITICA	21.06	16.37
MS ANALITICA	78.94	83.63

MUESTRA	Proteína Tal Cual %	Mat. Grasa Tal Cual %	Fibra Tal Cual %	Cenizas Tal Cual %	Humedad %	MS, %
Mezcla proteica húmeda con aa	32.05	-2.14	16.18	-0.48	16.66	83.34
Mezcla proteica húmeda sin aa	32	-1.18	17.02	-0.29	16.82	83.18
Mezcla proteica seca con aa	69.62	2.16	52.26	-0.07	5.45	94.55
Mezcla proteíca seca sin aa	68.58	2.31	54.9	-0.47	5.81	94.19

Anexo 10. Prueba de distribución normal de los datos de población de abejas al 0 día



Anova: de un solo factor: día 0 vs. Tratamiento

Método:

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del Factores

Factor	Niveles Valores	
Tratamiento	3	T1, T2, Testigo

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	228000	114000	0.19	0.832
Error	12	7308000	609000		
Total	14	7536000			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
780.385	3.03%	0.00%	0.00%

Medias

TRATAMIENTO	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1	5	15780	691	(15020, 16540)
T2	5	15600	822	(14840, 16360)
TESTIGO	5	15900	822	(15140, 16660)

Desv.Est. agrupada = 780.385

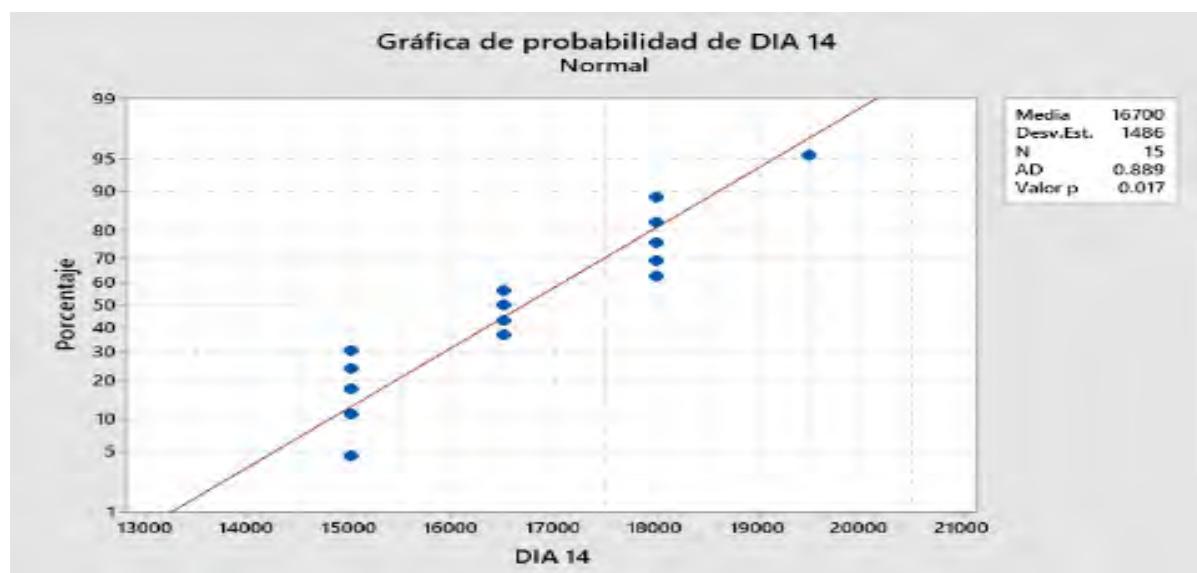
Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media Agrupación
Testigo	5	15900 A
T1	5	15780 A
T2	5	15600 A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Anexo 11. Prueba de distribución normal de los datos de población de abejas al 14 día



Anova de un solo factor: día 14 vs. Tratamiento

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles Valores
Tratamiento	3 T1, T2, Testigo

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	4800000	2400000	1.10	0.363
Error	12	26100000	2175000		
Total	14	30900000			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad.
	(ajustado)	(pred)
1474.79	15.53%	1.46%
		0.00%

Medias

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1	5	17100	1342	(15663, 18537)
T2	5	17100	2012	(15663, 18537)
Testigo	5	15900	822	(14463, 17337)

Desv.Est. agrupada = 1474.79

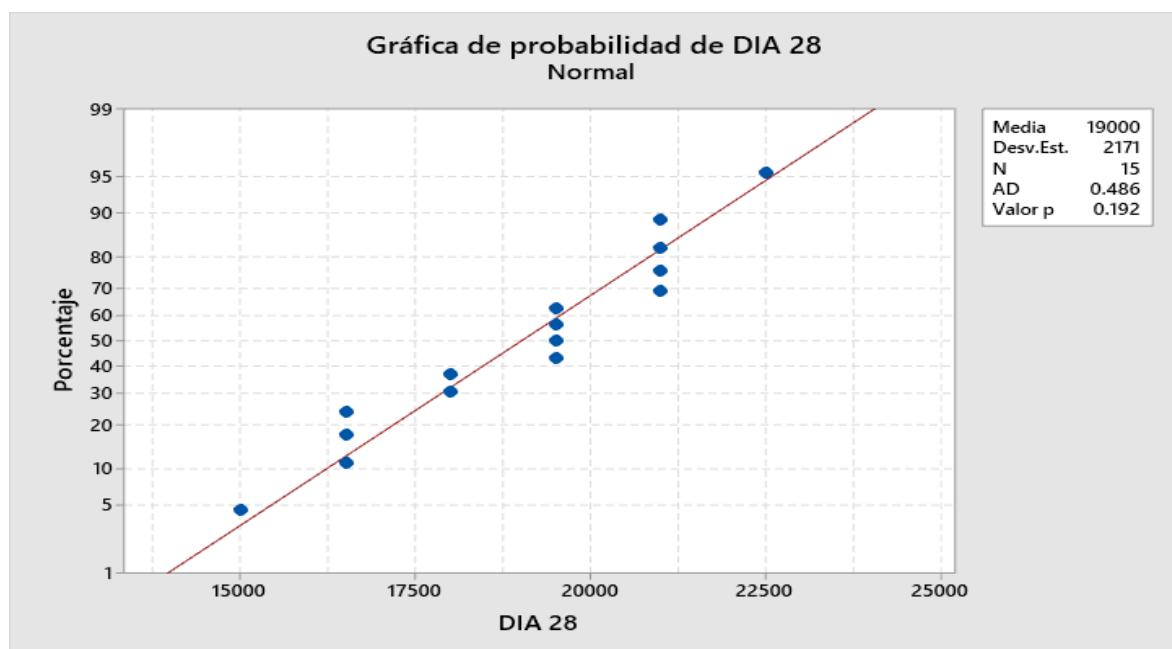
Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media Agrupación
T2	5	17100 A
T1	5	17100 A
Testigo	5	15900 A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 12.- Prueba de distribución normal de los datos de población de abejas al 28 día



Anova: de un solo factor: día 28 vs. Tratamiento

Método

Hipótesis alterna No todas las medias son iguales

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles Valores
Tratamiento	3 T1, T2, Testigo

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	4800000	2400000	0.47	0.636
Error	12	61200000	5100000		
Total	14	66000000			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad.	R-cuad.
		(ajustado)	(pred)
2258.32	7.27%	0.00%	0.00%

Medias

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1	5	18600	2725	(16400, 20800)
T2	5	19800	2465	(17600, 22000)
TESTIGO	5	18600	1342	(16400, 20800)

Desv.Est. agrupada = 2258.32

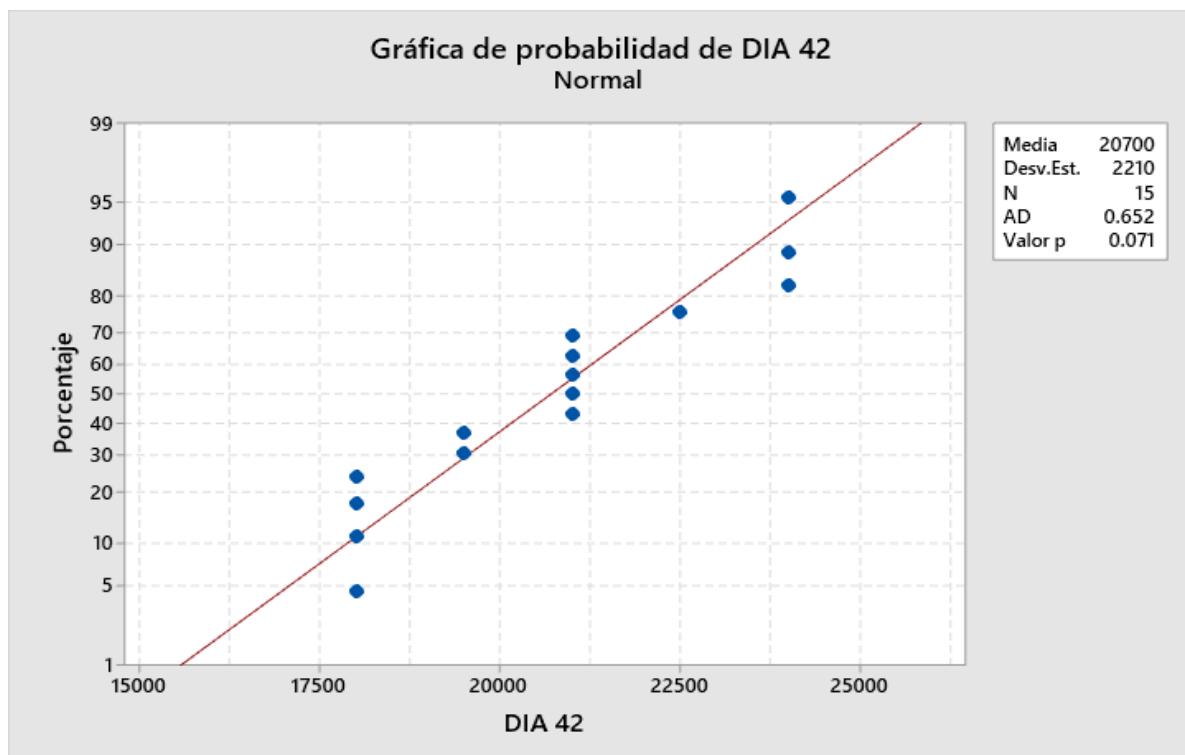
Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media Agrupación
T2	5	19800 A
Testigo	5	18600 A
T1	5	18600 A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 13. Prueba de distribución normal de los datos de población de abejas al 42 día



Anova: de un solo factor: día 42 vs. Tratamiento

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles Valores
Tratamiento	3 T1, T2, Testigo

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	3600000	1800000	0.33	0.723
Error	12	64800000	5400000		
Total	14	68400000			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad.	
	(ajustado)	(pred)	
2323.79	5.26%	0.00%	0.00%

Medias

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1	5	20700	2683	(18436, 22964)
T2	5	21300	2683	(19036, 23564)
Testigo	5	20100	1342	(17836, 22364)

Desv.Est. agrupada = 2323.79

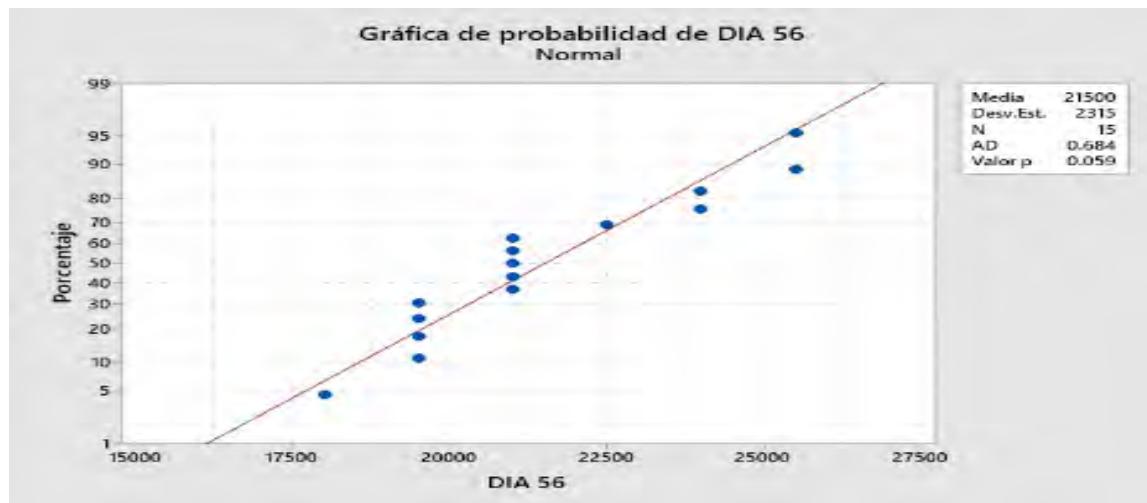
Comparaciones en parejas de Tukey

AGRUPAR INFORMACIÓN UTILIZANDO EL MÉTODO DE TUKEY Y UNA CONFIANZA DE 95%

Tratamiento	N	Media Agrupación
T2	5	A
T1	5	A
Testigo	5	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 14. Prueba de distribución normal de los datos de población de abejas al 56 día



Anova de un solo factor: día 56 vs. Tratamiento

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles Valores
Tratamiento	3 T1, T2, Testigo

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	15600000	7800000	1.58	0.247
Error	12	59400000	4950000		
Total	14	75000000			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
2224.86	20.80%	7.60%	0.00%

Medias

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1	5	22500	2372	(20332, 24668)
T2	5	21900	2725	(19732, 24068)
Testigo	5	20100	1342	(17932, 22268)

Desv.Est. agrupada = 2224.86

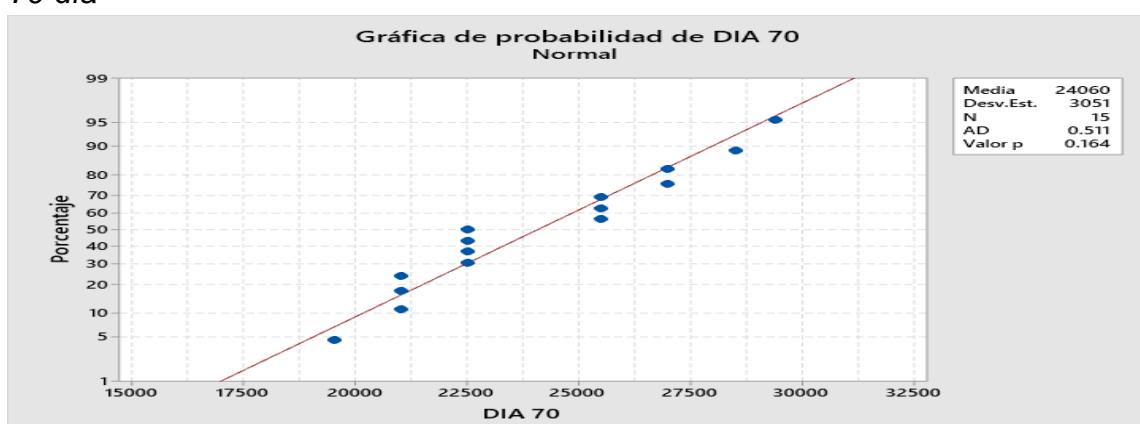
Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media Agrupación
T1	5	22500 A
T2	5	21900 A
Testigo	5	20100 A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 15. Prueba de distribución normal de los datos de población de abejas al 70 día



Anova de un solo factor: día 70 vs. Tratamiento

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles Valores
Tratamiento	3 T1, T2, Testigo

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	8208000	4104000	0.40	0.677
Error	12	122148000	10179000		
Total	14	130356000			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad.
	R-cuad.	(ajustado)
3190.45	6.30%	0.00%
		0.00%

Medias

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1	5	24180	3345	(21071, 27289)
T2	5	24900	3110	(21791, 28009)
Testigo	5	23100	3110	(19991, 26209)

Desv.Est. agrupada = 3190.45

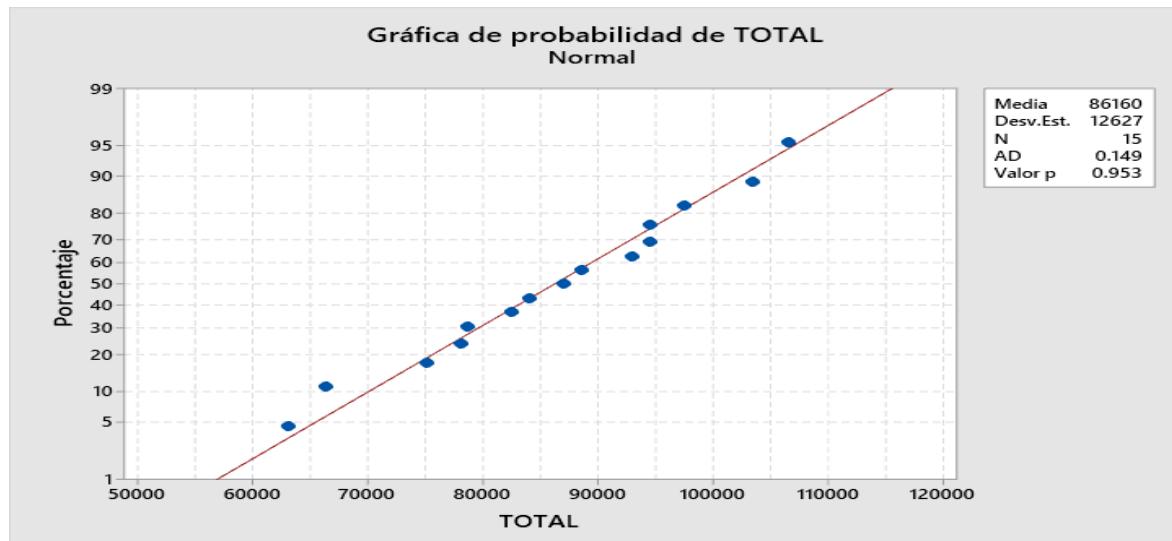
Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media Agrupación
T2	5	24900 A
T1	5	24180 A
Testigo	5	23100 A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 16. Prueba de distribución normal de los datos de población total de abejas



Anova de un solo factor: total vs. Tratamiento

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles Valores
Tratamiento	3 T1, T2, Testigo

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	1530828000	765414000	13.10	0.001
Error	12	701388000	58449000		
Total	14	2232216000			

Resumen del modelo

S	R-cuad.		R-cuad.	
	R-cuad.	(ajustado)	(ajustado)	(pred)
7645.19	68.58%	63.34%	63.34%	50.90%

Medias

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1	5	72180	7104	(64731, 79629)
T2	5	95700	9916	(88251, 103149)
Testigo	5	90600	5153	(83151, 98049)

Desv.Est. agrupada = 7645.19

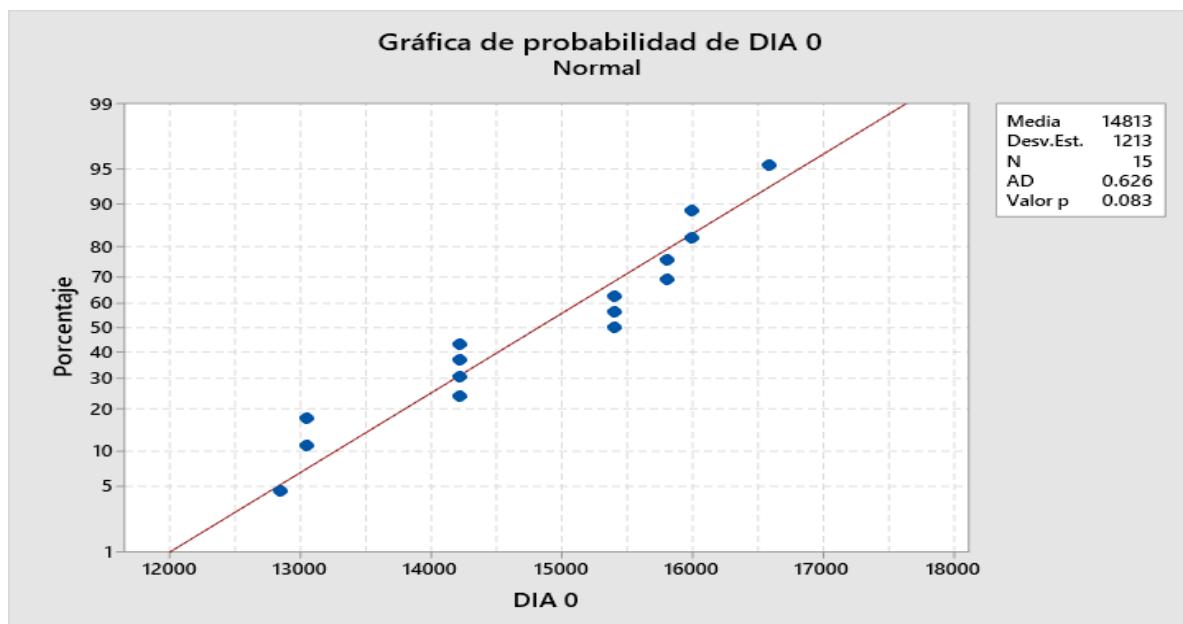
Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T2	5	95700 A	
Testigo	5	90600 A	
T1	5	72180	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 17. prueba de distribución normal de los datos de dinámica de postura de reina de día 0



Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles Valores
Tratamiento	3 Control, T1, T2

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	670908	335454	0.20	0.820
Error	12	19924393	1660366		
Total	14	20595300			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1288.55	3.26%	0.00%	0.00%

Medias

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Control	5	14773	1413	(13517, 16029)
T1	5	15089	1285	(13833, 16345)
T2	5	14576	1155	(13320, 15831)

Desv.Est. agrupada = 1288.55

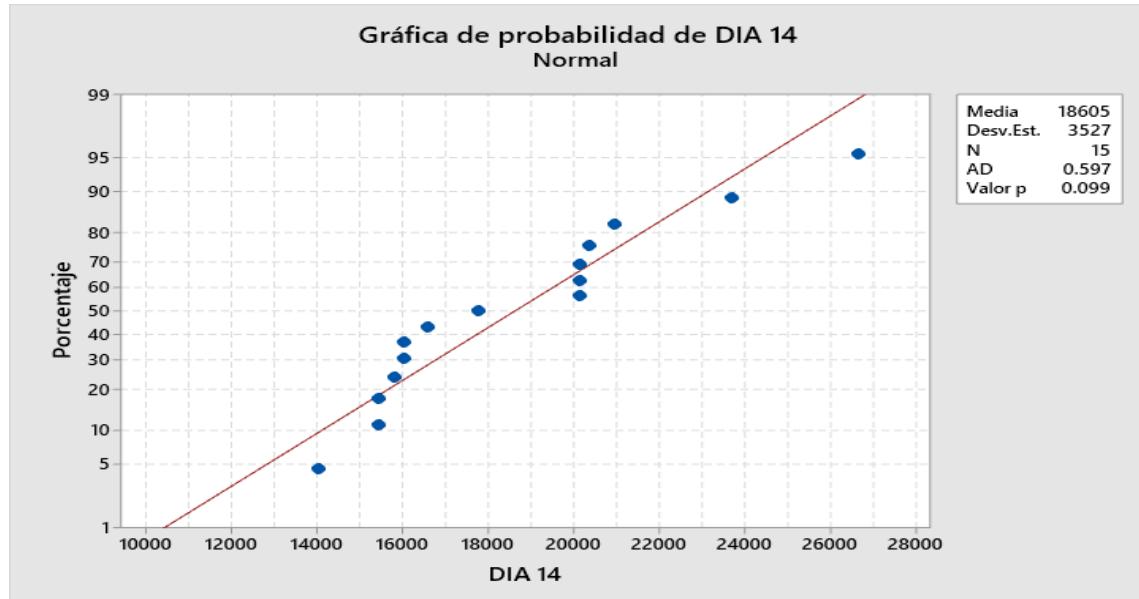
Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media Agrupación
T1	5	15089 A
Control	5	14773 A
T2	5	14576 A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 18. Prueba de distribución normal de los datos de dinámica de postura de reina de día 14



Anova de un solo factor: dia 14 vs. Tratamiento

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles Valores
Tratamiento	3 Control, T1, T2

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	21203798	10601899	0.83	0.459
Error	12	152935705	12744642		
Total	14	174139502			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad.	R-cuad.
		(ajustado)	(pred)
3569.96	12.18%	0.00%	0.00%

Medias

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Control	5	16946	2271	(13467, 20424)
T1	5	19671	4501	(16192, 23150)
T2	5	19197	3581	(15718, 22676)

Desv.Est. agrupada = 3569.96

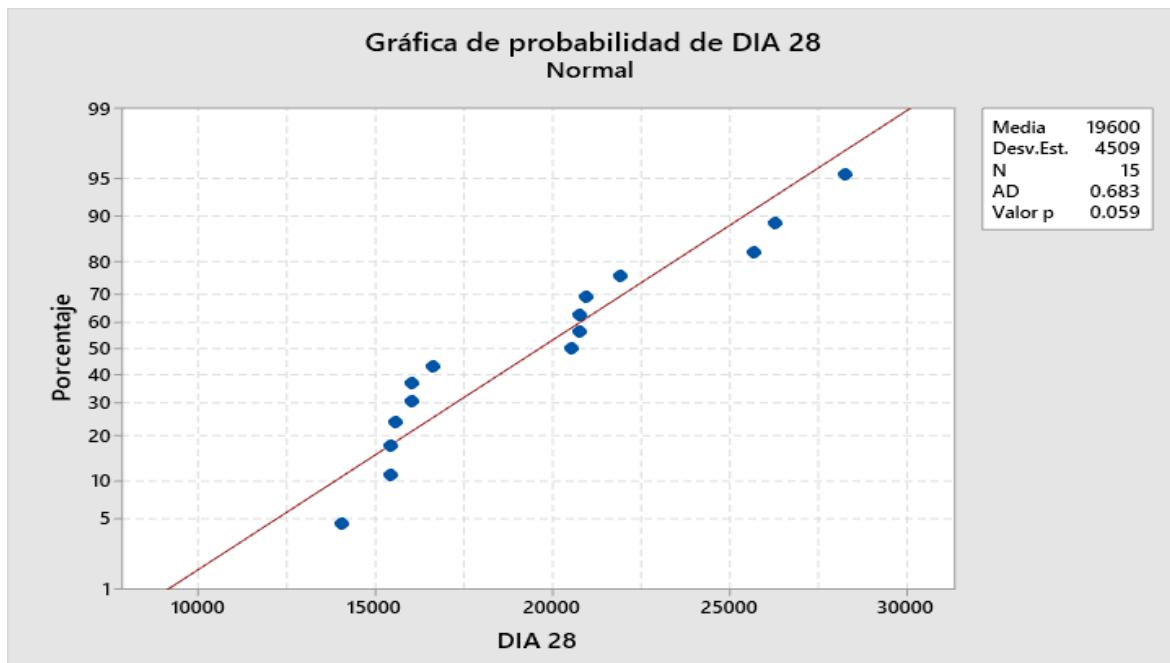
Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media Agrupación
T1	5	19671 A
T2	5	19197 A
control	5	16946 A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 19. Prueba de distribución normal de los datos de dinámica de postura de reina de día 28



Anova de un solo factor: día 28 vs. Tratamiento

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles Valores
Tratamiento	3 Control, T1, T2

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	51327856	25663928	1.32	0.303
Error	12	233312296	19442691		
Total	14	284640152			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad.	R-cuad.
		(ajustado)	(pred)
4409.39	18.03%	4.37%	0.00%

Medias

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Control	5	17088	2743	(12791, 21384)
T1	5	20224	5148	(15928, 24520)
T2	5	21488	4930	(17192, 25784)

Desv.Est. agrupada = 4409.39

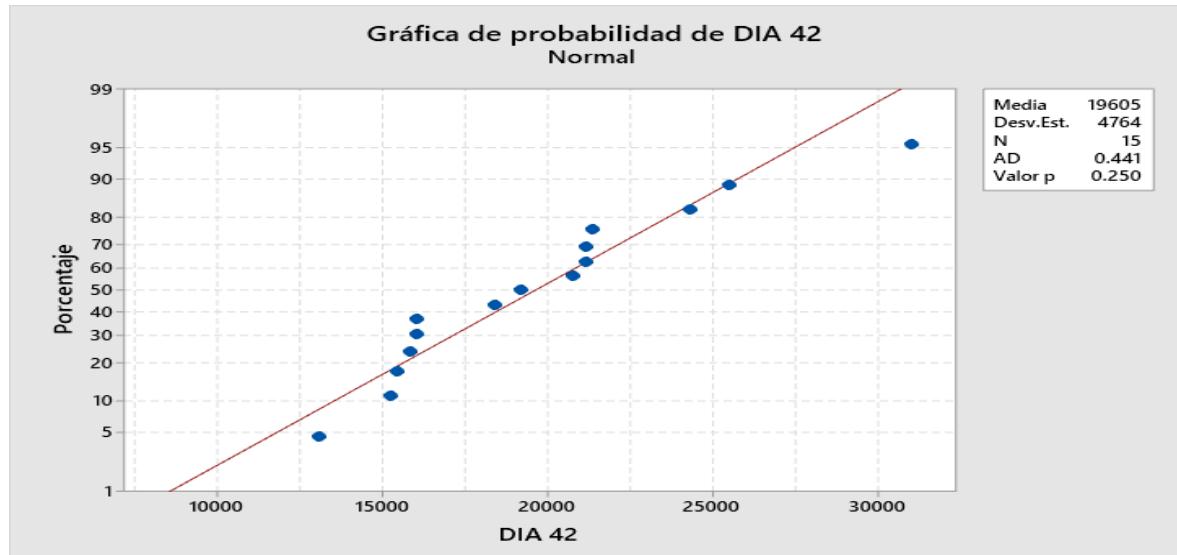
Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media Agrupación
T2	5	21488 A
T1	5	20224 A
Control	5	17088 A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 20. Prueba de distribución normal de los datos de dinámica de postura de reina de día 42



Anova de un solo factor: día 42 vs. Tratamiento

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna No todas las medias son iguales

Nivel de
significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles Valores
Tratamiento	3 Control, T1, T2

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	52179961	26089980	1.18	0.341
Error	12	265601357	22133446		
Total	14	317781318			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad.
	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
4704.62	16.42%	2.49% 0.00%

Medias

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
ControL	5	17064	3223	(12480, 21648)
T1	5	20264	6384	(15679, 24848)
T2	5	21488	3906	(16904, 26072)

Desv.Est. agrupada = 4704.62

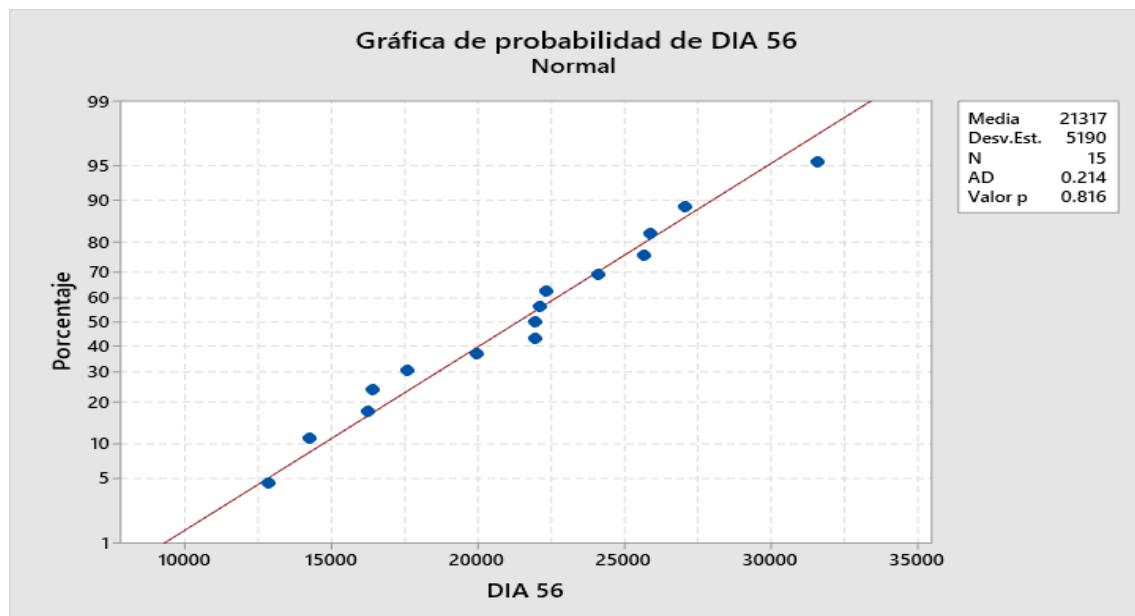
Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media Agrupación
T2	5	21488 A
T1	5	20264 A
ControL	5	17064 A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 21. prueba de distribución normal de los datos de dinámica de postura de reina de día 56



Anova de un solo factor: día 56 vs. Tratamiento

método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles Valores
Tratamiento	3 Control, T1, T2

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	76582271	38291135	1.53	0.256
Error	12	300566560	25047213		
Total	14	377148831			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
5004.72	20.31%	7.02%	0.00%

Medias

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Control	5	18486	5412	(13609, 23363)
T1	5	21449	6533	(16572, 26325)
T2	5	24016	1781	(19139, 28893)

Desv.Est. agrupada = 5004.72

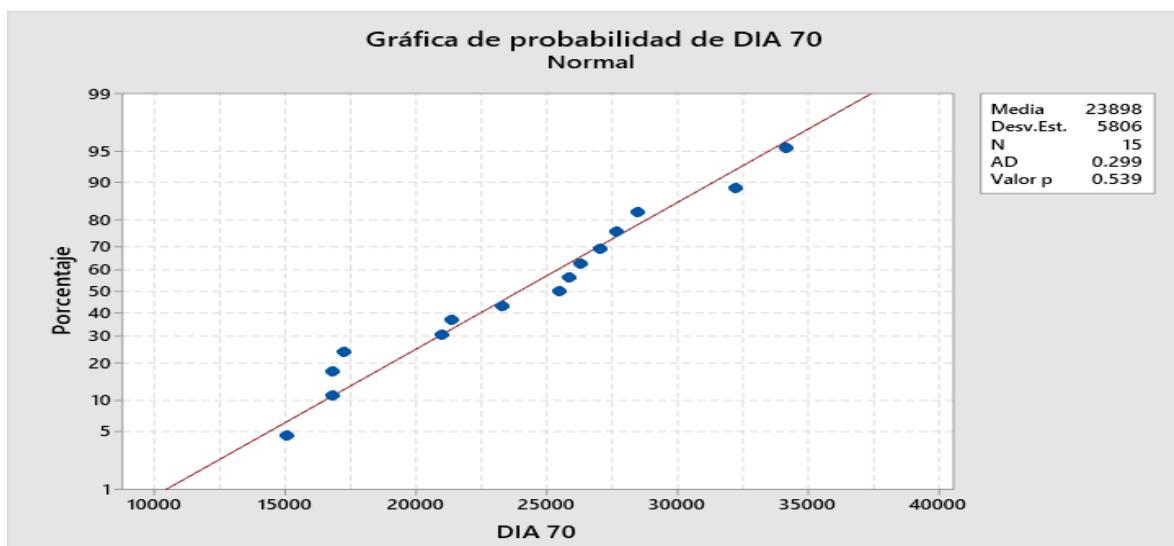
Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media Agrupación
T2	5	24016 A
T1	5	21449 A
Control	5	18486 A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Anexo 22. Prueba de distribución normal de los datos de dinámica de postura de reina de día 70



Anova de un solo factor: dia 70 vs. Tratamiento

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Tratamiento	3	Control, T1, T2

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	186543490	93271745	3.92	0.049
Error	12	285354122	23779510		
Total	14	471897612			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad.
	(ajustado)	(pred)
4876.42	39.53%	29.45%
		5.52%

Medias

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Control	5	19395	4881	(14643, 24146)
T1	5	24293	6380	(19541, 29044)
T2	5	28006	2610	(23254, 32757)

Desv.Est. agrupada = 4876.42

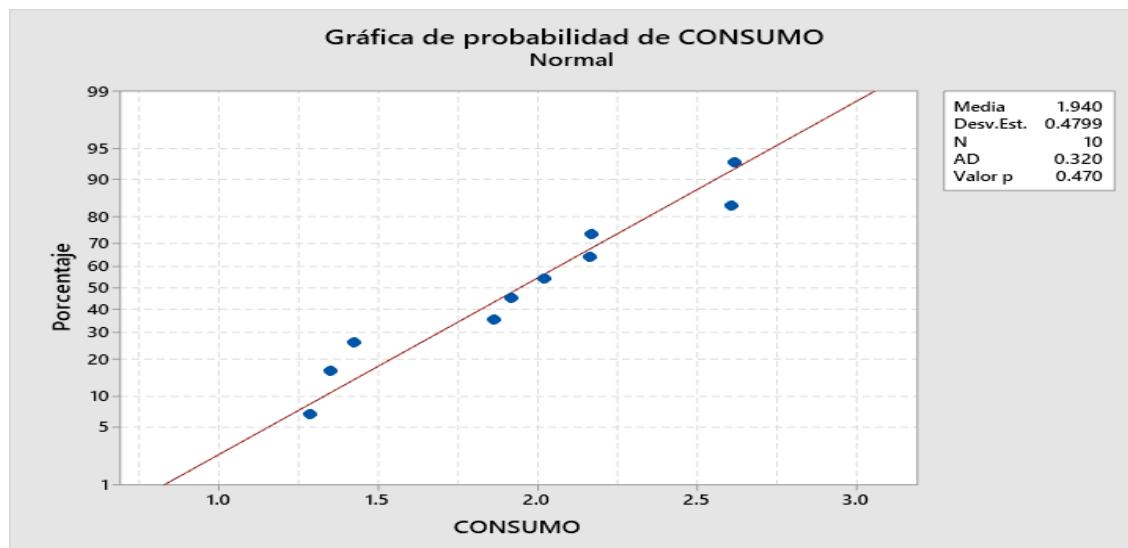
Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T2	5	28006 A	
T1	5	24293 A	B
Control	5	19395	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 23. Prueba de distribución normal de los datos de consumo de torta proteica



Anova de un solo factor: consumo vs. Tratamiento

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Tratamiento	2	T1, T2

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	1	0.3112	0.3112	1.41	0.269
Error	8	1.7617	0.2202		
Total	9	2.0729			
S	R-cuad.	R-cuad.			
		(ajustado)	(pred)		
0.469267	15.01%	4.39%		0.00%	

Medias

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1	5	2.117	0.506	(1.633, 2.601)
T2	5	1.764	0.429	(1.280, 2.248)

Desv.Est. agrupada = 0.469267

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T1	5	2.117	A
T2	5	1.764	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 24. Costos totales del tratamiento testigo

TESTIGO 0					
Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario (S/)	Precio total (S/)	
Jarabe de azúcar (1x1)	13	lts	2.4	31.2	

Alquiler de colmena				
langstroth con colonia de	2	meses	25	50
15900 PA, 14773 CAC, 1 RN				
en postura.				
Asistencia técnica	1	hr	20	20
Alimentadore tipo Doolittle	1	unid.	0.3	0.3
Cera estampada	2	unid.	10.5	21
Costo total			122.50	

Anexo 25. Costos totales del tratamiento (T1)

TRATAMIENTO 1				
Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario (S/)	Precio total (S/)
Torta proteica	2.117	Kg	26.5	56.1
Jarabe de azúcar (1x1)	13	lts	2.4	31.2
Alquiler de colmena				
Langstroth con colonia de	2	meses	25	50
15780 PA, 15089 CAC, 1 RN				
en postura.				
Asistencia técnica	1	hr	20	20
Alimentadore tipo Doolittle	1	unid.	0.3	0.3
Cera estampada	2.2	unid.	10.5	23.1
costo total			180.70	

Anexo 26. Costos totales del tratamiento (T2)

TRATAMIENTO 2				
Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario (S/)	Precio total (S/)
Torta proteica	1.764	Kg	28	49.4
Jarabe de azúcar (1x1)	13	lts	2.4	31.2
Alquiler de colmena langstroth con colonia de 15600 PA, 14576 CAC, 1 RN en postura.	2	meses	25	50
Asistencia técnica	1	hr	20	20
Alimentadore tipo Doolittle	1	unid.	0.3	0.3
Cera estampada	2.4	unid.	10.5	25.2
costo total				176.09

Anexo 27. Ingreso total del tratamiento testigo

TRATAMIENTO 0				
Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario (S/)	Precio total (S/)
Población de abejas	7,200	unid.	0.01	72
Cría operculada y abierta	4,622	unid.	0.005	23.11
Reserva de polen y miel	4	dm ²	10	40
Panal de abejas	2	unid.	5	10
ingreso total				145.11

Anexo 28. Ingreso total del tratamiento (T1)

TRATAMIENTO 1				
Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario (S/)	Precio total (S/)
Población de abejas	8,400	unid.	0.01	84
Cría operculada y abierta	9204	unid.	0.005	46.02
Reserva de polen y miel	5	dm ²	10	50
Panal de abejas	2.2	unid.	5	11
Ingreso total				191.02

Anexo 29. Ingreso total del tratamiento (T2)

TRATAMIENTO 2				
Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario (S/)	Precio total (S/)
Población de abejas	9,300	unid.	0.01	93
Cría operculada y abierta	13430	unid.	0.005	67.15
Reserva de polen y miel	5	dm ²	10	50
Panal de abejas	2.4	unid.	5	12
Ingreso total				222.15