

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**“EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS DE CRIANZA DE ABEJAS
REINAS (*Apis mellifera* L.)”**

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Presentado por: bachiller:

JUAN RODOLFO CABRERA ORTEGA

Asesor:

Ing. Alonso Vela Ahumada

CAJAMARCA – PERÚ

-2026-

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

Investigador: Juan Rodolfo Cabrera Ortega

1. DNI: 46686832

Escuela Profesional/Unidad UNC: Agronomía

2. Asesor: Ing. Alonso Vela Ahumada.

3. Facultad/Unidad UNC: Ciencias Agrarias

4. Grado académico o título profesional:

☐ Bachiller

☒ Título profesional

☐ Segunda especialidad

☐ Maestro

☐ Doctor

5. Tipo de Investigación:

☒ Tesis

☐ Trabajo de investigación

☐ Trabajo de suficiencia

profesional

☐ Trabajo académico

6. Título de Trabajo de Investigación: "EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS DE
CRIANZA DE ABEJAS REINAS (*Apis mellifera* L.)"

7. Fecha de evaluación: 08/02/2026

8. Software antiplagio: ☒ TURNITIN ☐ URKUND (ORIGINAL) (*)

9. Porcentaje de Informe de Similitud: 5%

10. Código Documento: oid: 3117:554326430

11. Resultado de la Evaluación de Similitud: 5%

☒ APROBADO

☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O
DESAPROBADO

Fecha Emisión: 17/02/2026

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>	
	 Ing. Alonso Vela Ahumada 26604965

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"

Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los veintiséis días del mes de enero del año dos mil veintiséis, se reunieron en el ambiente **2C - 202** de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 033-2026-FCA-UNC, de fecha 12 de enero del 2026**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS DE CRIANZA DE ABEJAS REINAS (*Apis mellifera* L.)"**, realizada por el Bachiller **JUAN RODOLFO CABRERA ORTEGA** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las ocho horas y cuarenta minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de diecisiete (17); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las nueve horas y cuarenta minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Dr. Isidro Rimarachín Cabrera
PRESIDENTE

MBA. Ing. Santiago Demetrio Medina Miranda
SECRETARIO

Ing. José Lizandro Silva Mego
VOCAL

Ing. Alonso Vela Ahumada
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios, por su infinita misericordia y por las bendiciones derramadas en cada paso de mi vida.

A mis queridos padres, María y Rodolfo, por su amor incondicional, paciencia y ejemplo, que han sido pilares fundamentales en mi formación personal y profesional.

A mis hermanos, Leider, Snayder y Jhosep, por su apoyo constante y sincero, que siempre me ha fortalecido.

A mis hijos, Abdiel y Leonardo, quienes son mi mayor inspiración y la razón más grande para seguir avanzando en este camino.

A mi novia Patricia, por su apoyo incondicional, su compañía y el esfuerzo que ha puesto para alcanzar juntos esta meta tan importante.

Y con cariño a todos los integrantes de mi familia y amigos por su apoyo moral constante.

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Agr. Alonso Vela Ahumada, destacado maestro y referente de la apicultura en Cajamarca, patrocinador del presente trabajo de investigación, por su invaluable asesoramiento y guía constante.

Al Ing. Agr. Mg. Sc. Jhon Anthony Vergara Copacandori, patrocinador de este trabajo, por sus valiosas sugerencias y los conocimientos compartidos que enriquecieron esta investigación.

Al Ing. Agr. Mg. Marcos W. Arce Valdez, por su orientación y apoyo en el análisis estadístico, fundamental para la solidez de este estudio.

Al Sr. Enrique Briones y a su esposa, la Ing. Verónica Mendoza, por haberme brindado el espacio del apiario El Bosque, lugar donde se desarrolló la presente investigación, así como por el constante apoyo y las facilidades otorgadas a lo largo de todo el proceso.

RESUMEN

El escaso nivel técnico y el desconocimiento de métodos de crianza de abejas reinas en regiones como Cajamarca limitan la productividad y sostenibilidad apícola, haciendo urgente la validación de tecnologías accesibles. Por ello, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar la eficacia y la viabilidad técnica de los métodos Doolittle y Miller modificado en la crianza de abejas reinas (*Apis mellifera* L.), bajo condiciones experimentales de campo. El estudio se realizó en el apiario “El Bosque”, aplicando un diseño completamente al azar con tres repeticiones, evaluando tres parámetros: porcentaje de larvas aceptadas, porcentaje de celdas reales operculadas y porcentaje de reinas emergidas. Los resultados mostraron diferencias altamente significativas entre ambos métodos. El método Doolittle alcanzó un promedio de aceptación de larvas del 73.33 % y un porcentaje similar en la emergencia de reinas en relación al número de traslarve, confirmando su superioridad en comparación con el método Miller modificado, que apenas registró valores entre 1 y 2 %. El análisis estadístico (ANOVA y prueba t de Student) validó la significancia de estas diferencias. Estos hallazgos confirman que el método Doolittle es más eficaz y viable para la producción de reinas en condiciones experimentales de campo.

Palabras clave: *Apis mellifera*, Crianza de reinas, Método Doolittle, Método Miller modificado

ABSTRACT

The low technical level and lack of knowledge regarding queen bee rearing methods in regions such as Cajamarca limit beekeeping productivity and sustainability, creating an urgent need to validate accessible technologies. Therefore, this research aimed to evaluate the efficacy and technical viability of the Doolittle and modified Miller methods for rearing queen bees (*Apis mellifera* L.) under experimental field conditions. The study was conducted at the “El Bosque” apiary, applying a completely randomized design with three replicates, evaluating three parameters: percentage of accepted larvae, percentage of capped queen cells, and percentage of emerged queens. The results showed highly significant differences between the two methods. The Doolittle method achieved an average larval acceptance rate of 73.33% and a similar percentage of queen emergence in relation to the number of transfer larvae, confirming its superiority compared to the modified Miller method, which barely registered values between 1 and 2%. Statistical analysis (ANOVA and Student's t-test) validated the significance of these differences. These findings confirm that the Doolittle method is more effective and viable for queen production under experimental field conditions.

Keywords: *Apis mellifera*, Queen rearing, Doolittle method, Modified Miller method

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT.....	v
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
CAPITULO I	10
INTRODUCCIÓN	10
CAPITULO II	14
MARCO TEÓRICO.....	14
2.1. Antecedentes de la investigación.....	14
2.2. Bases teóricas.....	17
2.2.1. Teoría del desarrollo y diferenciación de castas en <i>Apis mellifera</i>	17
2.2.2. Teoría de la Producción y el Mejoramiento Genético en la Apicultura Moderna	17
2.2.3. Teoría de la Evaluación Comparativa en la Investigación Experimental	18
2.2.4. Teoría de los Indicadores de Calidad en Abejas Reinas	18
2.2.5. Teoría de Sistemas Aplicada a la Colonia de Abejas	19
2.2.6. Enfoques de la apicultura.....	20
2.3. Definición de términos.....	30
CAPITULO III.....	33
MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
3.1. Ubicación	33
3.1.1. Condiciones Climáticas	33
3.2. Materiales.....	35
3.2.1. Material biológico:.....	35
3.2.2. Materiales de campo:	35
3.2.3. Material y equipo de Laboratorio	35
3.2.4. Materiales de escritorio.....	35
3.3. Metodología	35

3.3.1. Tipo, nivel y diseño de investigación.....	36
3.3.2. Diseño experimental y arreglo de tratamientos.	36
3.4. Conducción del Experimento.....	37
3.4.1. Etapa previa a la investigación	37
3.4.2. Desarrollo experimental.....	41
CAPITULO IV.....	50
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
4.1. Porcentaje de aceptación de larvas, según los métodos Doolittle y Miller modificado en la crianza de abejas reinas.	50
4.2. Porcentaje de celdas reales operculadas según los métodos Doolittle y Miller modificado en la crianza de abejas reinas.	54
4.3. Porcentaje de reinas emergidas según los métodos Doolittle y Miller modificado en la crianza de abejas reinas.	55
CAPITULO V	60
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	60
5.1. Conclusiones	60
5.2. Recomendaciones	61
CAPITULO VI.....	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
ANEXOS	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Condiciones climáticas registradas en Namora (SENAMHI): septiembre 2024 a febrero 2025.....	33
Tabla 2. Criterios, métodos y frecuencia de evaluación para la selección de colmenas madre y colmenas donadoras en programas de mejoramiento apícola.	38
Tabla 3. Identificación y codificación de colmenas madre y colmenas donadoras seleccionadas.	39
Tabla 4. Formulación de dietas energéticas y proteicas para alimentación apícola.	40
Tabla 5. Fórmula de la alimentación apícola proteica.....	41
Tabla 6. Codificación de núcleos criadores según método de crianza y composición estructural.	42
Tabla 7. Parámetros utilizados para evaluar la eficacia en la crianza de abejas reinas.....	46
Tabla 8. Resultados de aceptación de larvas según los métodos Doolittle y Miller modificado.	50
Tabla 9. Análisis de varianza (ANOVA) del porcentaje de larvas aceptadas.	51
Tabla 10. Comparación de tratamientos en el porcentaje de larvas aceptadas (prueba t de Student).	51
Tabla 11. Comparación de medias con intervalos de confianza (IC) al 95% del % de larvas aceptadas.	52
Tabla 12. Resultados de operculación de celdas reales según los métodos Doolittle y Miller modificado.	54
Tabla 13. Resultados de la emergencia de reinas a los trece días respecto a las celdas reales operculadas.	55
Tabla 14. Resultados de la emergencia de reinas en relación al número de traslarve y larvas presentes del corte en zigzag.....	56
Tabla 15. Análisis de varianza (ANOVA) de la emergencia de reinas en relación al número de traslarve y larvas presentes del corte en zigzag.	57
Tabla 16. Comparación de tratamientos de la emergencia de reinas en relación al número de traslarve y larvas presentes del corte en zigzag (prueba t de Student).....	57
Tabla 17. Comparación de medias con intervalos de confianza (IC) al 95% de la emergencia de reinas en relación al número de traslarve y larvas presentes del corte en zigzag.	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica del apiario El Bosque.	34
Figura 2. Distribución de las colmenas madre y donadoras.	40
Figura 3. Distribución de los núcleos criadores en el apiario "El Bosque".	43
Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de crianza de reinas.	47
Figura 5. Porcentaje de aceptación de larvas según el tratamiento aplicado.	53
Figura 6. Porcentaje de emergencia de reinas a los trece días respecto al número de traslarves realizados y el corte en zigzag.	59
Figura 7.	72
Figura 8. Preparación del jarabe de azúcar y mezcla con el promotor L.....	72
Figura 9. Alimentación de las colmenas madre y colmenas donadora.	73
Figura 10. Núcleos criadores formados y transportados a 300 m del apiario de división.	73
Figura 11. Preparación de pasta proteica.	74
Figura 12. Alimentación con jarabe de azúcar y pastas proteica a los núcleos.	74
Figura 13. Base porta copulas y cúpulas de plástico.	74
Figura 14. Aguja de traslarve.	75
Figura 15. Jaulas de nacimiento de reinas y marco traslarvador.	75
Figura 16. Fijación y pegado con cera fundida los porta cúpulas en la barra del marco traslarvador.	75
Figura 17. Colocación de una gota de jalea real diluida en cada cúpula.	76
Figura 18. Traslarve.	76
Figura 19. Introducción de larvas de un día de nacidas en el interior de las cúpulas.	76
Figura 20. Transporte de los marcos traslarvados al apiario El Bosque.	77
Figura 21. Introducción de marcos traslarvados en los núcleos criadores.....	77
Figura 22. Corte del panal en zigzag para el método Miller modificado.	77
Figura 23. Introducción del marco con panal cortado en zigzag al núcleo criador para el método Miller modificado.	78
Figura 24. Aceptación de larvas a las 48 horas del traslarve – Método Doolittle.	78
Figura 25. Aceptación de larvas a las 48 horas del corte en zigzag – Método Miller modificado.	78
Figura 26. Celdas reales operculadas a 9 días del traslarve – Método Doolittle.	79
Figura 27. Colocación de jaulas nacedoras – Método Doolittle.	79
Figura 28. Celda real operculada a días del corte en zigzag – Método Miller modificado.	79
Figura 29. Colocación de jaulas nacedoras en el Método Miller modificado.	80
Figura 30. Reinas emergidas por el Método Doolittle.....	80
Figura 31. Reina emergida por el método Miller modificado.	80

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La apicultura del latín *apis* (abeja) y *cultura* (cultivo), es una actividad agropecuaria dedicada a la crianza de abejas melíferas con el propósito de salvaguardar la especie y aprovechar diversos productos como miel, polen, jalea real, propóleos, cera, apitoxina y material vivo. Esta práctica no solo representa una fuente significativa de ingresos para comunidades rurales, sino que también cumple una función ecológica esencial al proporcionar servicios de polinización que favorecen la biodiversidad y mejoran la productividad agrícola (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER], 2020). Según Cantú-Martínez (2024), las abejas desempeñan un papel crucial en la polinización de más de 250,000 especies de plantas, lo que contribuye directamente al equilibrio de los ecosistemas y al rendimiento de cerca de 90 tipos de cultivos.

En las últimas décadas, la expansión acelerada de cultivos agroindustriales como la palta Hass y el arándano, orientados principalmente a la exportación, ha generado un incremento significativo en la demanda de servicios de polinización. Este cambio ha convertido a la apicultura en un nuevo pilar económico nacional, al desempeñar un rol clave en la productividad de cultivos dependientes de polinizadores (Gonzales-Bustamante, 2025). Si bien empresas especializadas movilizan miles de colmenas durante las floraciones, la oferta disponible aún no satisface esta demanda creciente, generando un déficit que limita el uso eficiente del servicio.

Frente a esta realidad, resulta indispensable que los apicultores incorporen tecnologías modernas en sus procesos productivos. Una técnica clave es la crianza artificial de reinas, que permite mejorar la productividad y calidad de las colmenas mediante la selección de reinas con docilidad, fecundidad, resistencia a plagas, comportamiento higiénico y elevada producción de miel (Yu et al., 2022; Yu et al., 2023).

Además, otra línea de investigación ha resaltado que la calidad final de las reinas criadas está condicionada por factores clave durante el proceso: el número de celdas reales empleadas, el tamaño corporal al emerger y las características reproductivas. Por ejemplo, un estudio con abejas tipo RJB (*Apis mellifera ligustica*) mostró que, aunque aumentar el número de celdas reales reduce ligeramente el peso corporal y medidas corporales de las reinas recién emergidas, su fecundidad y número de ovarios se mantienen dentro de criterios de alta calidad (Ahmat et al., 2024).

En regiones como Cajamarca, muchos apicultores desconocen estas técnicas y métodos. Esta carencia limita el desarrollo técnico, pues las colmenas manejadas con reinas seleccionadas y técnicas modernas resultan más productivas, dóciles y resistentes a enjambraciones y enfermedades. Aunque existen programas de capacitación, estos no han alcanzado la cobertura necesaria, por lo que es urgente difundir y promover tecnologías accesibles que impulsen una apicultura sostenible. Finalmente, para transformar el sector apícola eficazmente, es esencial difundir estos métodos mediante programas de capacitación continua y asistencia técnica, liderados por entidades especializadas. Solo mediante este enfoque se podrá fortalecer la sostenibilidad y competitividad de las cadenas productivas, consolidando la apicultura como un motor clave del desarrollo rural y de la conservación ambiental. En este contexto, surge la siguiente interrogante: ¿Cuál de los métodos de crianza de abejas reinas (*Apis mellifera* L.), Doolittle o Miller modificado, ofrece mayor eficacia?

Asimismo, el presente estudio se justifica en virtud de que, la apicultura constituye una actividad agropecuaria estratégica, orientada a la producción de miel, polen, cera, jalea real y propóleos, todos ellos productos de alto valor nutricional, medicinal y comercial. Además de su relevancia en la seguridad alimentaria, esta práctica desempeña un papel clave en la generación de empleo rural, tanto directo —a través del manejo y cuidado de colmenas— como indirecto,

mediante procesos de comercialización, transformación y distribución de sus derivados. Según el Mapa funcional del perfil ocupacional de apicultura, esta actividad impulsa el desarrollo económico local y fomenta el uso sostenible de los recursos naturales (Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo [MTPE], 2019). Asimismo, su implementación contribuye a la superación de la pobreza en el entorno familiar, gracias a su potencial para diversificar la canasta básica de consumo y generar valor agregado mediante la innovación en productos apícolas (Becerril, 2020).

En la actualidad, la apicultura ha adquirido mayor relevancia en el sector agropecuario debido a la riqueza nutricional y nutracéutica de los productos de la colmena, así como por su papel clave en la polinización y la seguridad alimentaria. La creciente demanda de colmenas para la polinización de cultivos de exportación como la palta y los berries ha impulsado la necesidad de incorporar tecnologías de manejo y métodos más eficientes de crianza de abejas reinas que optimicen la productividad (Rivera et al., 2020).

La comparación entre los métodos de crianza de reinas, como el sistema Doolittle y el Miller modificado, constituye una estrategia clave para determinar cuál ofrece mayor eficacia y viabilidad técnica, considerando que la calidad de las reinas influye directamente en la productividad y longevidad de las colonias (Kamboj et al., 2024). Diversos estudios han resaltado que la calidad de las reinas influye directamente en la productividad y longevidad de las colonias, siendo esencial evaluar métodos como el de Doolittle o el Miller modificado para optimizar la eficiencia técnica en la cría de reinas (Kamboj et al., 2024).

Además, investigaciones recientes subrayan que el perfeccionamiento de las técnicas de crianza fortalece la sostenibilidad apícola, al mejorar la resistencia de las colonias frente a exigencias productivas y ambientales. En este sentido, el Plan Nacional de Desarrollo Apícola destaca la importancia de capacitar a productores y fomentar la investigación tecnológica, dado

que son acciones clave para optimizar la sanidad, productividad y adaptación de las abejas ante los desafíos ambientales y económicos del país (COPEAPI, 2023). En este contexto, resulta pertinente el desarrollo de investigaciones que permitan validar científicamente la implementación de dichos métodos, fortaleciendo con ello la competitividad de la apicultura en el ámbito nacional y regional.

En este contexto, para dar respuesta a la interrogante antes mencionada, la presente investigación se planteó como objetivo general evaluar la eficacia de los métodos Doolittle y Miller modificado en la crianza de abejas reinas (*Apis mellifera* L.), bajo condiciones experimentales de campo. Para alcanzar este propósito, el estudio se orientó, en primer lugar, a determinar el porcentaje de aceptación de larvas, según los métodos Doolittle y Miller modificado en la crianza de abejas reinas. Finalmente, la investigación se centró en comparar el porcentaje de emergencia de reinas en relación con las celdas reales operculadas, el número de traslarves realizados y las larvas presentes en el corte en zigzag, según el método de crianza aplicado, permitiendo así establecer una comparativa técnica rigurosa sobre la productividad de cada sistema.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Puma (2024) en la investigación titulada “Determinación del porcentaje de postura de abejas reinas Mama Ocllo (*Apis mellifera*) mediante el método Doolittle fecundadas en celdas reales y reinas nacidas en rulero en fecundadores de tres marcos en el distrito de La Joya”, evaluó la eficacia de dos métodos de fecundación de reinas vírgenes: la técnica basada en celdas reales y la fecundación de reinas nacidas en rulero. Para ello se realizó una investigación experimental apoyada en análisis estadísticos de varianza y pruebas de Student, utilizando reinas Mama Ocllo como población de estudio. Los resultados revelaron que el porcentaje de fecundación alcanzó un 100% en el método de celdas reales, mientras que en las reinas nacidas en rulero fue solo del 75%. Además, las reinas obtenidas mediante celdas reales mostraron un diámetro de postura mayor y un porcentaje de postura promedio de 44%, frente al 25.8% en el método de rulero. Estas diferencias, estadísticamente significativas ($p < 0.005$), reflejan que el método de celdas reales puede mejorar de manera notable la calidad y eficiencia reproductiva de las reinas.

Bobadilla (2023) en su estudio “Análisis comparativo entre los métodos más importantes de crianza de abejas reinas (*Apis Mellifera*) existentes y los empleados en Colombia”, se propuso identificar los métodos de crianza de abejas reinas más empleados en países referentes en el mundo para los diferentes productos de la colmena, como lo son la miel, el polen, propóleo, cera, apitoxina, jalea real y demás servicios asociados a la apicultura, en una ventana de observación de 20 años. Entre los métodos de crianza, el método Doolittle se destaca por su simplicidad y manejo eficiente, permitiendo la selección de larvas con características genéticas deseables y favoreciendo la formación de colonias más productivas y manejables. Este método se ha consolidado como el

estándar en la apicultura moderna, constituyendo un referente clave para mejorar la eficiencia de los sistemas de producción apícola.

Tapia (2023) desarrolló un estudio con el objetivo de implementar el método Doolittle simplificado para la crianza artificial de abejas reina *Apis mellifera* en la provincia de Loja, Ecuador. La metodología consistió en un diseño experimental aplicado a colmenas locales, utilizando como muestra larvas de entre 24 y 48 horas de edad. Se optimizó el proceso de cebado de celdas reales mediante una mezcla de jalea real, miel y agua destilada, lo que permitió evaluar la aceptación larval en condiciones controladas. Los resultados mostraron una alta tasa de aceptación de larvas, evidenciando la eficacia del método simplificado en contextos productivos de pequeña escala. El autor concluye que esta técnica representa una alternativa viable para mejorar la eficiencia en la producción de reinas, especialmente en regiones con limitaciones tecnológicas.

Mayorga (2021) realizó un estudio con el objetivo de comparar la eficacia de los métodos de reproducción Miller y Alley en la crianza de abejas reinas (*Apis mellifera*). La investigación se desarrolló en ocho unidades experimentales, cada una correspondiente a una colmena madre distinta. El diseño contempló dos fases: la primera centrada en la producción de realeras operculadas y la segunda en la eclosión de las reinas. Se utilizaron fichas de observación individuales y análisis de medias bajo una metodología descriptiva. Los resultados indicaron que el método Miller presentó una ventaja significativa en la primera fase, mientras que en la segunda no se observaron diferencias relevantes entre ambos métodos. Se concluyó que tanto Miller como Alley son técnicamente viables, con beneficios económicos y sociales, al permitir una producción eficiente de reinas sin generar impactos ambientales negativos.

Abou-Shaara, Al-Ghamdi y Mohamed (2021) llevaron a cabo una evaluación comparativa de tres métodos de crianza de reinas: Doolittle, Alley y Miller, en colonias controladas de *Apis mellifera*. El estudio se centró en indicadores clave como la aceptación de larvas, la emergencia de reinas y la producción de realeras. Mediante un diseño experimental, se observó que el método Doolittle obtuvo los mayores niveles de aceptación y emergencia, consolidándose como una técnica confiable. Por su parte, el método Miller mostró ventajas en la producción de realeras operculadas, lo que puede resultar útil en contextos donde se prioriza la cantidad de estructuras reales. Llegando a la conclusión que la elección del método debe responder a los objetivos específicos del apicultor, ya sea optimizar la calidad de las reinas o maximizar la producción de realeras.

Calatayud y Verdú (2020) realizaron un estudio longitudinal en explotaciones apícolas de España con el objetivo de analizar el impacto de la calidad de las reinas en la productividad de las colmenas y su contribución a la polinización de cultivos de alto valor económico. La metodología incluyó la evaluación de colonias criadas con reinas provenientes de distintos sistemas de producción, destacando el método Doolittle y sus variantes tecnificadas. Los resultados indicaron que las colmenas con reinas de alta calidad presentaron mayores tasas de supervivencia y productividad, así como una mejora notable en la eficiencia de polinización de cultivos. Este estudio confirma la relación directa entre la calidad de las reinas y el rendimiento económico de la apicultura, aportando evidencia relevante para fortalecer prácticas de selección y crianza que aseguren la sostenibilidad de la actividad.

Oré Cuya (2016) desarrolló un experimento con el propósito de comparar la eficacia de tres tipos de colmenas criadoras de reinas bajo el método Doolittle: colmena tipo porta núcleo, colmena de un cuerpo y colmena de dos cuerpos. El estudio se estructuró bajo un diseño

completamente al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones, utilizando 15 reinas por repetición. Se evaluaron variables como aceptación de larvas, celdas operculadas, reinas emergidas y supervivencia, mediante análisis estadístico con el software SAS. Los resultados mostraron porcentajes elevados de éxito en todos los tratamientos, con valores de emergencia y supervivencia entre 76% y 91%. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de colmena, lo que permitió concluir que cualquiera de ellos puede ser eficaz en la crianza de reinas bajo este método.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Teoría del desarrollo y diferenciación de castas en *Apis mellifera*

La teoría del desarrollo y diferenciación de castas establece que las abejas reinas y las obreras poseen el mismo material genético, sin embargo, la diferenciación en *Apis mellifera* es un proceso de plasticidad fenotípica mediado por mecanismos nutriepegénéticos. Según esta teoría, la casta no está determinada genéticamente al nacer, sino que depende de la alimentación diferencial durante el estado larval. El consumo exclusivo de jalea real activa vías metabólicas y hormonales que reprograman el genoma de la larva para desarrollar características de reina. Investigaciones recientes destacan que esta diferenciación es regulada por microARNs (miRNAs) presentes en la jalea real, los cuales actúan como "interruptores" genéticos que activan el desarrollo ovárico y la longevidad, mientras que la dieta de las obreras rica en polen y miel, contiene componentes que inhiben estos cambios reproductivos (Moreno, 2023; Roque, 2021).

2.2.2. Teoría de la Producción y el Mejoramiento Genético en la Apicultura Moderna

La teoría de la producción actual sostiene que la eficiencia no depende únicamente del entorno, sino de la implementación de Buenas Prácticas Apícolas (BPA) que optimicen el vigor poblacional y la rentabilidad mediante servicios de polinización y la obtención de productos

inocuos (Del Cid-Mena y Mora-Quiroz, 2024). Complementariamente, el mejoramiento genético sostiene que la calidad genética y fisiológica de la abeja reina es un factor determinante en el desempeño productivo, se fundamenta en la selección dirigida de caracteres heredables, como la mansedumbre, el comportamiento higiénico y la capacidad de acopio, con el fin de mitigar los efectos de la africanización descontrolada y mejorar la adaptación de las colonias ante desafíos ambientales (CUNORI, 2025). Estos enfoques convergen en la necesidad de validar métodos de crianza controlada, como el sistema Doolittle, que permitan la replicación masiva de material genético de alta calidad para fortalecer la competitividad de las cadenas productivas rurales (Moreno, 2023).

2.2.3. Teoría de la Evaluación Comparativa en la Investigación Experimental

La teoría de la evaluación comparativa en la investigación experimental constituye el marco metodológico que permite determinar la superioridad técnica de un método sobre otro mediante la contrastación rigurosa de variables bajo condiciones controladas. Este enfoque se fundamenta en la estandarización de procesos y el control exhaustivo de variables intervinientes para garantizar que las diferencias observadas en los resultados sean atribuibles exclusivamente a los tratamientos aplicados (García-Sánchez et al., 2023). Asimismo, este modelo teórico integra el análisis estadístico diferencial como herramienta de validación, asegurando que la elección de un sistema como en el caso de la crianza de abejas responda a una significancia real y no a variaciones aleatorias, lo que permite una transferencia tecnológica segura y efectiva hacia los productores (López-Roldán y Fachelli, 2021).

2.2.4. Teoría de los Indicadores de Calidad en Abejas Reinas

La teoría de los indicadores de calidad en la crianza de abejas reinas establece que el éxito reproductivo y la longevidad de una colonia están intrínsecamente ligados a parámetros

morfométricos, fisiológicos y reproductivos que se consolidan durante el desarrollo larval. Estos indicadores se dividen principalmente en caracteres físicos como; el peso al emerger, el tamaño del tórax y el número de ovarios, y caracteres funcionales, relacionados con la capacidad de oviposición y la secreción de feromonas mandibulares que regulan la cohesión de la colmena (Vargas-Castillo, 2023). Según Rodríguez-Pérez (2022), la calidad de una reina es un reflejo directo de las condiciones de crianza, donde factores como la edad de la larva al momento del traslarve y la nutrición proporcionada por las abejas nodrizas determinan la expresión de estos indicadores. En la apicultura tecnificada, la evaluación de estos parámetros permite predecir el rendimiento productivo y la resistencia sanitaria de la descendencia, siendo el peso y el volumen de la celda real los indicadores externos más utilizados por su correlación positiva con el desarrollo del sistema reproductivo de la reina (Sánchez-Morales y Ramos-Echeverría, 2024).

2.2.5. Teoría de Sistemas Aplicada a la Colonia de Abejas

La teoría de sistemas aplicada a la colonia de abejas concibe a la colmena como un superorganismo, un sistema complejo y dinámico donde la interdependencia de sus miembros garantiza la homeostasis y la supervivencia del conjunto. Bajo este enfoque, la colonia funciona mediante bucles de retroalimentación y una coordinación biológica donde el todo es superior a la suma de sus partes individuales, operando como una unidad funcional autorregulada (Ruiz-López, 2023). En este entramado sistémico, la abeja reina actúa como el núcleo central y principal regulador; su calidad biológica y feromonal dictan la estabilidad, el ritmo de crecimiento poblacional y la capacidad de respuesta adaptativa de la colonia frente a las fluctuaciones del entorno (García-Rodríguez, 2024). Por consiguiente, la validación de métodos de crianza eficaces no debe entenderse solo como la producción de un individuo aislado, sino como la optimización

de un componente crítico cuya eficiencia determina la resiliencia y el éxito productivo de todo el sistema biológico (Morales-Guzmán et al., 2022).

2.2.6. Enfoques de la apicultura

2.2.6.1. Estructura de la colonia

La cría de abejas reinas (*Apis mellifera* L.) es un componente fundamental de la apicultura moderna, según Anguiano et al. (2022) las abejas son insectos sociales del orden Hymenoptera y la superfamilia Apoidea. Estos organismos forman sociedades altamente organizadas, donde los individuos dependen mutuamente para sobrevivir, lo que impide que puedan vivir de manera aislada. Por esta razón, las abejas crean colonias que pueden superar los 60,000 miembros. Estas colonias residen en colmenas compuestas de panales de cera con celdas hexagonales pequeñas, las cuales se utilizan para almacenar miel, polen y para el desarrollo de las crías.

Una colonia de abejas melíferas está compuesta por tres formas o variedades diferentes (castas): la reina (hembra), el zángano (macho), y las obreras (hembras estériles). Estas castas están asociadas a diferentes funciones en la colonia; cada una posee sus propios instintos especiales y especializados respecto de las necesidades de la comunidad (Lasanta, 2017).

a. La reina

La abeja reina constituye el eje central de la colonia, ya que es la progenitora de todos los individuos y la única hembra plenamente fértil. Su función principal es la postura de huevos, alcanzando hasta 1,500 diarios, lo que asegura la continuidad y el crecimiento de la colmena (Anguiano et al., 2022). Además, Mariette et al., (2024) refieren que la abeja reina mantiene la cohesión social a través de la feromona real, compuesta principalmente por el ácido 9-oxo-2-decenoico (9-ODA), secretada por sus glándulas mandibulares. Esta sustancia regula la conducta de las obreras, inhibe el desarrollo de ovarios en individuos subordinados y suprime la construcción de nuevas celdas reales.

El desarrollo de la reina depende estrictamente de su dieta. Mientras las larvas destinadas a ser obreras reciben una alimentación mixta, las que se convertirán en reinas son nutridas exclusivamente con jalea real, un alimento rico en proteínas y compuestos bioactivos que estimulan la diferenciación de órganos reproductivos (Zumkhawala-Cook, Gallagher y Raymann, 2024). Asimismo, investigaciones recientes han demostrado que la feromona real ha evolucionado de forma diferencial entre especies de abejas, afinando la comunicación química entre la reina y su colonia para reforzar la estabilidad social y la eficiencia reproductiva (Mariette et al., 2024).

La reina no solo es madre biológica de la colonia, sino también el núcleo regulador del comportamiento y la productividad del enjambre. Su rol combina la reproducción con el control social, garantizando la supervivencia y adaptación de la especie frente a los cambios ambientales y las demandas productivas actuales (Mumoki et al., 2025). En este sentido, la calidad de las reinas influye directamente en la productividad, longevidad y resistencia de las colonias. Una reina de alta calidad garantiza tasas elevadas de postura, mayor viabilidad de la cría y un comportamiento higiénico que favorece la sanidad de la colmena (Kamboj et al., 2024).

b. Obreras

Las abejas obreras (*Apis mellifera*) constituyen la casta más numerosa dentro de la colonia y cumplen funciones esenciales para su mantenimiento. A diferencia de la reina, son hembras estériles que desarrollan múltiples tareas a lo largo de su ciclo de vida, determinadas por su edad y estado fisiológico. Entre sus principales actividades se encuentran la limpieza de celdas, alimentación de larvas, producción de jalea real, elaboración de cera, defensa de la colmena y recolección de néctar, polen, agua y propóleos (Vásquez et al., 2024).

Mortensen y Schilcher (2023) describen cómo las obreras de abejas melíferas realizan diversas tareas dentro de la colonia, comenzando como nodrizas encargadas de alimentar a la reina y a las larvas, luego asumiendo roles de construcción y almacenamiento, y finalmente

convirtiéndose en pecoreadoras que recolectan recursos del entorno. Estas transiciones están influenciadas por factores como la edad y la exposición a diferentes estímulos dentro de la colmena.

Asimismo, investigaciones recientes destacan que su fisiología y estado nutricional influyen en la resistencia a patógenos y en la homeostasis de la colonia, demostrando que las obreras no solo aseguran la productividad, sino también la resiliencia de la colmena frente a desafíos ambientales y enfermedades (Payne et al., 2025). Es decir, las obreras también desempeñan un papel esencial en la regulación social y sanitaria de la colmena.

c. Los zánganos

Los zánganos constituyen la casta masculina de la colonia de *Apis mellifera* y su principal función biológica es la fecundación de las reinas vírgenes durante los vuelos de apareamiento. A diferencia de las obreras y la reina, los zánganos son haploides ($n=16$ cromosomas) y se desarrollan a partir de huevos no fecundados, siguiendo el patrón de determinación sexual haplodiploide característico de los himenópteros (Valega, 2015). A diferencia de las obreras y la reina, carecen de aguijón y glándulas cereras, lo que los hace incapaces de realizar tareas como recolectar néctar, producir cera o defender la colmena (Sarda, 2025).

El ciclo de vida de los zánganos se extiende aproximadamente de 24 a 30 días, y durante este tiempo no participan en las labores internas de la colmena, como la recolección de alimento o el cuidado de cría. En cambio, consumen una cantidad significativa de recursos de la colonia, principalmente miel, lo que genera un costo energético para la colmena. Sin embargo, su rol reproductivo resulta esencial para la diversidad genética y la adaptación de las poblaciones de abejas melíferas (Steed, Painting y Mortensen, 2025).

Según Galindo-Cardona et al. (2017) las áreas de congregación de zánganos (*Apis mellifera*) son zonas aéreas donde machos sexualmente maduros se reúnen para aparearse con

reinas vírgenes. Estas áreas, que pueden albergar hasta 30.000 zánganos de hasta 240 colonias diferentes, se localizan en espacios abiertos protegidos del viento y se mantienen en las mismas ubicaciones año tras año, independientemente de la presencia de reinas vírgenes. En particular, se ha demostrado que el acceso limitado al polen durante las etapas larval y adulta afecta negativamente la viabilidad, concentración y funcionalidad del espermatozoides, lo que compromete directamente la fertilidad y la capacidad de fecundación de los zánganos en el proceso reproductivo natural de la especie (Quintal, 2025).

2.2.6.2. Ciclo biológico de las abejas

El ciclo biológico de *Apis mellifera* se ve influenciado por factores ambientales, como la temperatura, la disponibilidad de alimento y el estado sanitario de la colmena. Comprende cuatro fases principales: huevo, larva, pupa y adulto. Cada casta (reina, obrera y zángano) se desarrolla a partir de un huevo, pero la duración de su ciclo varía según la función que desempeñará en la colonia. La reina, alimentada exclusivamente con jalea real, completa su desarrollo en aproximadamente 16 días, mientras que las obreras requieren 21 días y los zánganos 24 días (González, 2024).

Durante la fase larval, las abejas reciben distintos tipos de alimento según su casta, lo que determina su desarrollo fisiológico: las larvas destinadas a convertirse en reinas son alimentadas exclusivamente con jalea real durante todo su crecimiento, mientras que las obreras reciben jalea real solo en los primeros tres días y luego una mezcla de polen y miel. Los zánganos, por su parte, son alimentados con polen y néctar. La etapa de pupa representa una fase de reorganización interna que define las características morfológicas adultas. Al emerger, cada individuo asume funciones específicas dentro de la colonia, asegurando la división del trabajo y la supervivencia del grupo (Oré, et al., 2020).

El ciclo biológico de la abeja melífera refleja su plasticidad en el desarrollo, evidenciando la estrecha relación entre genética, nutrición y ambiente. Estos factores condicionan la calidad de las castas y, en consecuencia, la productividad de la colmena. (González, 2022). Investigaciones recientes han demostrado que la exposición a pesticidas y la reducción de recursos florales pueden alterar la duración del ciclo de desarrollo y afectar la calidad fisiológica de las abejas emergidas. Martin-Culma y Arenas-Suárez (2018) señalan que estos compuestos químicos generan alteraciones en el sistema nervioso, inmunosupresión y desequilibrios reproductivos, lo que compromete la viabilidad de las colonias y la eficiencia en la polinización.

2.2.6.3. Reproducción natural de las abejas reinas

La reproducción natural de las abejas reinas comienza con la selección de larvas jóvenes por parte de las obreras, quienes las alimentan exclusivamente con jalea real durante todo su desarrollo larval. Esta dieta especializada activa rutas epigenéticas que inducen el desarrollo de características morfológicas y fisiológicas propias de una reina (Cepeda et al., 2024).

Una vez que la reina virgen emerge, realiza vuelos de orientación seguidos por uno o varios vuelos nupciales, durante los cuales se aparea con múltiples zánganos en pleno vuelo. La cópula ocurre en zonas de congregación de zánganos, y cada apareamiento contribuye a llenar la espermateca de la reina con espermatozoides suficientes para fecundar huevos durante toda su vida reproductiva, que puede extenderse por varios años (Saavedra y Celi, 2024).

Tras completar el apareamiento, la reina regresa a la colmena y comienza la postura de huevos. Gracias a la fecundación interna, puede decidir si depositar huevos fecundados (que darán lugar a obreras o nuevas reinas) o no fecundados (que originarán zánganos). Este proceso asegura la diversidad genética y la estabilidad poblacional de la colonia (Oré et al., 2020). Existen tres mecanismos principales de reproducción natural de reinas en las colonias de *Apis mellifera*:

a. Orfandad

La orfandad en una colonia de abejas se produce cuando la reina se pierde debido a causas naturales, accidentes o manejo apícola. Las obreras detectan la ausencia de la reina a través de la falta de feromonas reales, lo que provoca agitación y cambios en el comportamiento dentro de la colmena. Ante esta situación, las abejas seleccionan larvas menores de tres días y las alimentan exclusivamente con jalea real, transformando celdas comunes en celdas reales. Este mecanismo refleja la notable capacidad adaptativa y reproductiva de la colonia, garantizando la continuidad del grupo (Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM], 2015).

b. Reemplazo (supersedura)

El reemplazo de la reina, también llamado supersedure, ocurre cuando la reina envejece, reduce su postura o sus señales feromonales ya no son suficientes para mantener la cohesión social. En respuesta, las obreras crían una o varias reinas nuevas que pueden coexistir temporalmente con la reina vieja antes de que esta sea eliminada. Este proceso permite conservar la productividad y estabilidad de la colonia sin que se produzca enjambrazón (Ivars, 2024). Este proceso puede darse incluso sin la muerte de la reina, coexistiendo temporalmente ambas, hasta que la más joven asume el liderazgo de la colonia. Investigaciones recientes indican que este mecanismo es crucial para mantener la viabilidad genética y la productividad de la colonia (Calderón et al., 2022).

c. Enjambrazón

La enjambrazón es el principal mecanismo de reproducción natural de las colonias. Se produce cuando existen condiciones favorables, como abundancia de néctar y elevada densidad poblacional, lo que reduce la eficacia de la feromona real y estimula la construcción de realeras en los bordes de los panales. La reina madre abandona la colmena con parte de la población, formando un enjambre primario, mientras que las reinas vírgenes emergentes pueden originar enjambres secundarios. Este evento, aunque natural, puede afectar la productividad de los apiarios, pero es fundamental para la perpetuación y dispersión de la especie (Dimitrov, 2024). Las colonias muy

pobladas pueden enjambrar hasta tres veces; en estos casos, la reina recién emergida tolera la presencia de sus reinas hermanas hasta que puede salir de la colmena con un enjambre secundario (Anguiano et al., 2022).

2.2.6.4. Importancia del cambio de la reina

El cambio periódico de la reina es una de las prácticas más relevantes en la apicultura moderna, ya que impacta directamente en la productividad, la vitalidad genética y la estabilidad de las colonias. La sustitución planificada de reinas en los apiarios es una práctica fundamental para mantener la diversidad genética y reducir los riesgos asociados a la consanguinidad, garantizando una mayor resiliencia frente a enfermedades y condiciones ambientales adversas (Bobadilla, 2024). Asimismo, la sustitución sistemática de las reinas en las colmenas disminuye la mortalidad de estas, mejora la genética, reduce la tendencia a la enjambrazón y optimiza la productividad (Coronel et al., 2022).

Anguiano et al. (2022) destacan que la cría de reinas seleccionadas no solo mejora la calidad genética de las colonias, sino que también permite su producción en cualquier época del año, brindando al apicultor un mayor control en la planificación productiva. Estudios recientes indican que la sustitución de reinas con intervalos de uno a dos años incrementa la producción de miel y polen, además de optimizar la polinización agrícola (Kamboj et al., 2024).

Como señalan Saavedra y Celi (2024), “el reemplazo sistemático de reinas permite mantener colonias fuertes, productivas y con alta capacidad reproductiva, lo cual es clave para una apicultura tecnificada y rentable” (p. 6658). Se recomienda realizar el cambio de reinas en su totalidad cada dos años, preferiblemente durante la primavera o el otoño. Además, la multiplicación de colmenas tiene como objetivo minimizar la enjambrazón y aumentar el número de colmenas en el apiario, para lo cual existen varios métodos disponibles.

2.2.6.5. Crianza de abejas reinas

La crianza de abejas reinas constituye una práctica fundamental en la apicultura moderna, dado que la calidad de la reina determina en gran medida la productividad, longevidad y sanidad de la colonia. Una reina joven y vigorosa garantiza una mayor tasa de postura, mejor cohesión social mediante la liberación de feromonas y mayor resistencia frente a enfermedades y plagas, aspectos esenciales en el contexto de los actuales desafíos apícolas (Fraire, 2024). El proceso consiste en seleccionar colmenas de alto rendimiento y características deseables, para criar reinas que transmitan dichos rasgos a la descendencia. Entre los criterios más valorados por los apicultores se encuentran la capacidad productiva, la resistencia a enfermedades, la mansedumbre y la baja tendencia a la enjambrazón (Anguiano et al., 2022).

En los últimos años, los programas de mejoramiento genético han incorporado herramientas biotecnológicas como el análisis genómico y la inseminación instrumental, con el objetivo de acelerar la selección de líneas con rasgos superiores y de adaptar las colonias a entornos cambiantes, incluyendo el impacto del cambio climático y la presión de patógenos emergentes (Arechavaleta-Velasco et al., 2021). La disponibilidad de reinas de calidad durante todo el año representa una ventaja para el manejo apícola, pues facilita el recambio oportuno de reinas viejas o poco productivas y contribuye a reducir la enjambrazón. Además, la crianza controlada de reinas en colonias de alta producción de jalea real permite no solo mejorar la calidad genética de las colonias, sino también producir reinas en cualquier época del año, lo que ofrece al apicultor mayor control en la planificación productiva (Ahmat, 2024).

2.2.6.6. Métodos de crianza de reinas

La cría de reinas es una práctica fundamental para garantizar la productividad, estabilidad y sostenibilidad de las colonias apícolas. Esta técnica permite seleccionar y multiplicar rasgos

genéticos deseables, como la resistencia a enfermedades, el comportamiento dócil y una elevada capacidad de producción (Kamboj et al., 2024). En la actualidad, los métodos de crianza de reinas se clasifican principalmente en dos grupos: a pequeña escala, destinados a cubrir las necesidades internas del apiario, y a gran escala, empleados en la producción masiva de reinas para su comercialización (Olivares-Carrillo et al., 2021). Esta diferenciación permite adaptar las estrategias según los objetivos productivos del apicultor.

a. Método a pequeña escala

Estos métodos son adecuados para apicultores que desean mantener la autosuficiencia en sus apiarios. Un ejemplo es el método Miller modificado, que consiste en preparar un bastidor con lámina de cera para que la reina ovoposite, posteriormente se cortan secciones triangulares del panal que contienen larvas jóvenes y se colocan en colmenas iniciadoras para estimular la formación de celdas reales (Anguiano et al., 2022). Otra variante es el método Halley modificado, en el cual se cortan tiras de panal con larvas jóvenes, se eliminan algunas celdas para dejar espacio y luego se fijan a listones de madera, orientándolos hacia abajo para facilitar la construcción de realeras. Ambos métodos se caracterizan por ser sencillos, prácticos y de bajo costo, adecuados para apicultores que no requieren gran cantidad de reinas (Olivares-Carrillo et al., 2021).

b. Método a gran escala

Según Saavedra y Celi (2024), se refiere a la implementación de técnicas sistematizadas y de alta capacidad productiva, orientadas a la obtención masiva de reinas de calidad genética, mediante procesos controlados como el traslarve, el uso de celdas artificiales, y la planificación de colmenas iniciadoras y terminadoras. Este enfoque permite satisfacer demandas comerciales y programas de mejoramiento genético, optimizando recursos y estandarizando resultados en contextos apícolas tecnificados. Si bien exige mayor experiencia y recursos, representa la

estrategia más utilizada en los programas de mejoramiento genético y producción profesional de reinas.

La producción de abejas reinas a gran escala requiere de metodologías estandarizadas que permitan obtener reinas de calidad en cantidades significativas, mediante el uso de técnicas como el método Doolittle. Según Ciprián (2022) el método Doolittle consiste en el trasvase de larvas de menos de un día de nacidas a unas cúpulas que simulan a las celdas reales, adheridas a listones en un bastidor denominado “cuadro técnico”. Esta técnica de cría artificial de abejas reinas consiste en el traslarve de larvas menores de 24 horas a celdas artificiales previamente acondicionadas con jalea real. Estas celdas se colocan en bastidores especiales dentro de colmenas iniciadoras, donde las abejas nodrizas alimentan y desarrollan las larvas hasta convertirlas en reinas. Este método permite seleccionar genéticamente las mejores larvas y producir reinas de alta calidad en gran escala.

2.2.6.7. Criterios para tener en cuenta en la crianza de reinas

La crianza de abejas reinas requiere criterios de selección rigurosos, ya que la calidad genética y fisiológica de la reina influye directamente en la productividad, estabilidad y supervivencia de la colonia. Actualmente, los apicultores priorizan reinas con alta capacidad de postura, temperamento dócil, resistencia a plagas y enfermedades, baja tendencia a la enjambrazón y adecuada adaptación al entorno local (Cepeda et al., 2021).

Además de los aspectos genéticos, la eficiencia en la crianza depende de técnicas reproductivas apropiadas y del manejo ambiental. La selección de larvas provenientes de colonias con alto rendimiento, comportamiento higiénico y baja agresividad permite mejorar progresivamente la calidad de las reinas. Métodos como el sistema Doolittle y la evaluación de parámetros fenotípicos han demostrado ser herramientas eficaces en programas de mejoramiento

genético apícola (Alvarado, 2023). El comportamiento higiénico permite producción anual y está vinculado con la resistencia a la varroosis y a enfermedades virales como el virus de las alas deformes, fortaleciendo la sanidad y productividad de las colmenas (Erez, Soroker y Shafir, 2022; Ramos-Cuellar et al., 2023).

Otros criterios relevantes incluyen la eficiencia en la conversión de recursos florales en miel y polen, la compactación de la cría, la capacidad polinizadora y la adaptación a condiciones ambientales cambiantes, especialmente frente al cambio climático (Büchler et al., 2014). En este contexto, la selección de colonias madre debe basarse en características como mansedumbre, comportamiento higiénico, resistencia a enfermedades y productividad, factores esenciales para obtener reinas de alta calidad que contribuyan al fortalecimiento y sostenibilidad de las colmenas (Alvarado, 2023).

2.3. Definición de términos

Aceptación de larvas: Proceso biológico mediante el cual las abejas nodrizas de una colonia iniciadora reconocen una larva traslarvada o seleccionada y comienzan su alimentación con jalea real, modificando la celda original por una celda real.

Apitoxina: Veneno secretado por las glándulas de las abejas obreras, compuesto por una mezcla compleja de proteínas (como la melitina), utilizado tanto para la defensa de la colonia como en terapias medicinales alternativas.

Celda real: Estructura especializada, de forma alargada y orientada verticalmente, construida por las abejas obreras para permitir el desarrollo completo de una larva destinada a ser reina.

Celdas operculadas: Estado de desarrollo en el que las obreras sellan la parte inferior de la celda real con una capa de cera y polen, indicando que la larva ha finalizado su alimentación y ha iniciado el proceso de metamorfosis hacia el estado de pupa.

Comportamiento higiénico: Capacidad innata de una colonia para detectar, desopercular y eliminar crías enfermas o parasitadas de las celdas, siendo un indicador clave de la salud y resistencia genética.

Determinismo epigenético: Proceso por el cual factores externos (como la alimentación con jalea real) modifican la expresión de los genes sin alterar la secuencia del ADN, decidiendo si una larva se convierte en reina o en obrera.

Emergencia de reinas: Acto final del desarrollo pupal en el que la reina madura corta el opérculo de la celda real para salir al exterior de la colmena.

Enjambrazón: Instinto natural de reproducción de la colonia que consiste en la salida de la reina vieja con una parte de las abejas para fundar una nueva colmena; es un fenómeno que la crianza técnica de reinas busca controlar.

Homeostasis del Superorganismo: Capacidad de la colonia para mantener condiciones internas estables (temperatura, humedad y niveles de CO₂) a pesar de los cambios en el ambiente exterior, fundamental para el éxito de las celdas reales.

Nutrieepigenética: Área que estudia cómo los alimentos y nutrientes pueden “encender o apagar” genes, sin cambiar el ADN en sí.

Metamorfosis Holometábola: Tipo de desarrollo biológico que atraviesa la abeja, que incluye cuatro etapas diferenciadas: huevo, larva, pupa y adulto, siendo la etapa de pupa donde ocurre la mayor transformación física dentro de la celda operculada.

microARNs: Pequeños ARN no codificantes que no producen proteínas, pero regulan la expresión génica.

Plasticidad fenotípica: Capacidad de un organismo con un mismo genotipo para dar lugar a diferentes fenotipos (reina u obrera) en función de las condiciones ambientales, principalmente la nutrición recibida durante la fase larval.

Traslarve: Procedimiento técnico-quirúrgico que consiste en transferir una larva de obrera de menos de un día de edad desde su celda original hacia una cúpula artificial para iniciar su transformación en reina.

Ovariolos: Unidades funcionales que componen los ovarios de la reina. Su número es un indicador crítico de calidad, ya que a mayor cantidad de ovariolos, mayor es la capacidad de postura diaria de huevos.

Vigor Híbrido (Heterosis): Fenómeno por el cual la descendencia de dos líneas genéticas diferentes presenta características superiores (mayor producción, mejor salud) a las de ambos progenitores por separado.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

La presente investigación se desarrolló en el Apiario “El Bosque”, ubicado en el caserío Chilacat, distrito de Namora, provincia y región de Cajamarca, se encuentra a 28 Km de la ciudad de Cajamarca y aproximadamente a 15 minutos de Namora, a una altitud media de 2763 m s. n. m. Las coordenadas geográficas del lugar son -7.203167° de latitud y -78.331277° de longitud en formato decimal.

3.1.1. Condiciones Climáticas

En la tabla 1, se muestra los índices climáticos durante el periodo del proyecto, que abarcan los meses de setiembre del año 2024 al mes de febrero del año 2025.

Tabla 1.

Condiciones climáticas registradas en Namora (SENAMHI): septiembre 2024 a febrero 2025.

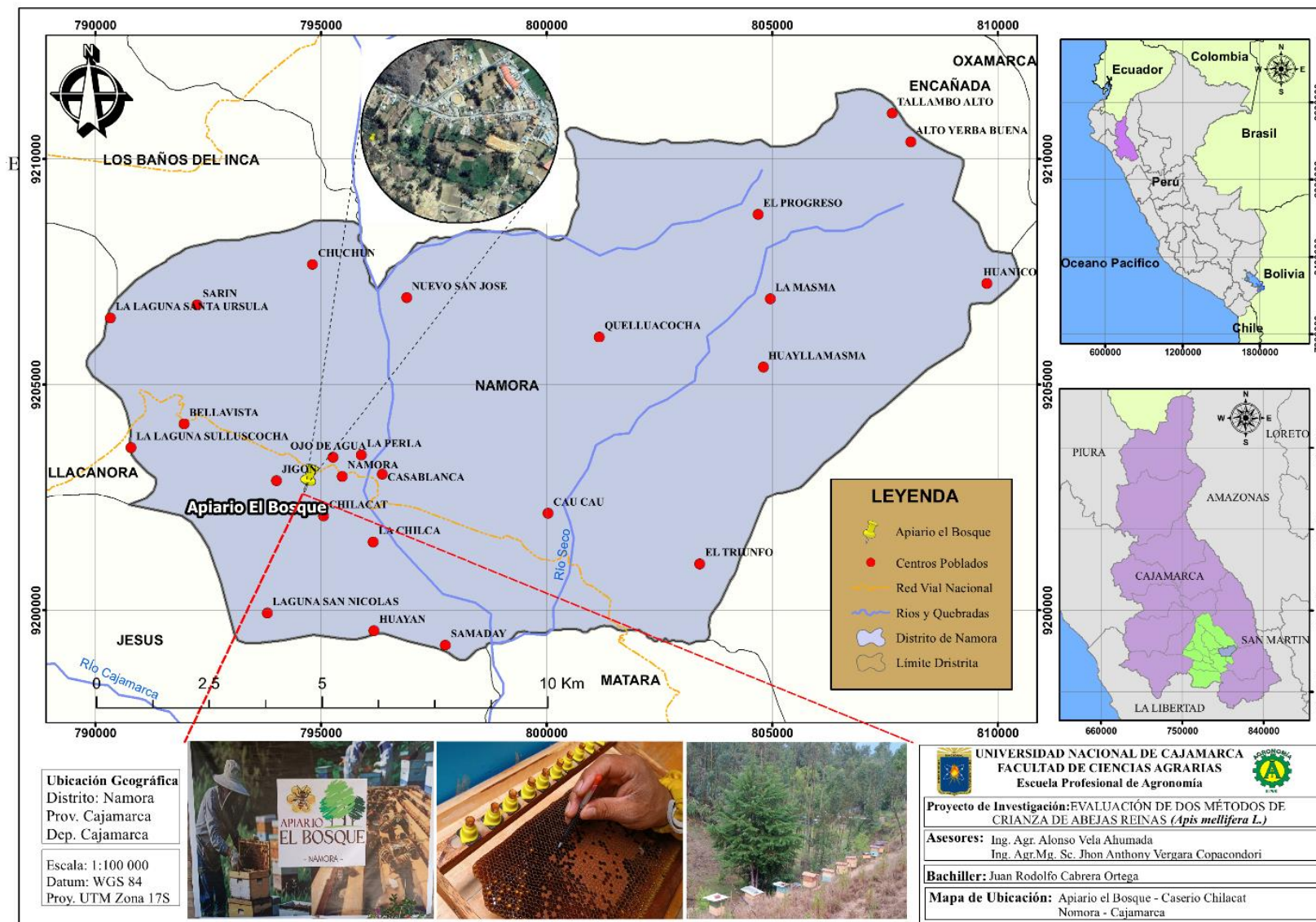
AÑO	MES	TEMPERATURA		HR (%)	PP (mm)
		Max	Min		
2024	Setiembre	23.58	5.76	66.33	15.90
2024	Octubre	23.73	9.27	72.64	49.00
2024	Noviembre	23.61	7.99	67.75	44.50
2024	Diciembre	21.22	10.29	78.24	107.40
2025	Enero	21.00	9.67	79.55	150.80
2025	Febrero	20.54	11.01	84.46	276.50
PROMEDIO		22.28	9.00	74.83	107.35

Los datos presentados fueron obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), estación Namora, y corresponden al periodo comprendido entre septiembre de 2024 y febrero de 2025.

Las condiciones climáticas durante el periodo del proyecto fueron: temperatura máxima de 22.28°C , temperatura mínima de 9.00°C , con una humedad relativa (HR) 74.83 y precipitación (PP) de 107.35 mm.

Figura 1.

Localización geográfica del apiario El Bosque.



3.2. Materiales

3.2.1. Material biológico:

Abejas reinas (*Apis mellifera* L.)

3.2.2. Materiales de campo:

Se emplearon diversos materiales de campo, entre los que destacan el overol y la careta de apicultor, los guantes de protección, el cepillo, la palanca universal, el alzamarcos y el ahumador. Asimismo, se utilizó el núcleo criador, el marco traslarvador, las cúpulas de cera y las bases plásticas para dichas cúpulas. Finalmente, son indispensables la colmena madre, un panal con larvas y un cuchillo de acero inoxidable.

3.2.3. Material y equipo de Laboratorio

Para el desarrollo de la investigación se contó con un conjunto de materiales de laboratorio que facilitaron el proceso de crianza de reinas. Se dispuso de una aguja de traslarve, utilizada en las manipulaciones más delicadas, la linterna que permitió una mejor visibilidad durante el trabajo con las larvas. También se empleó jalea real como insumo fundamental en la alimentación inicial, además de un vaso y agua, que complementaron las tareas realizadas en la fase experimental.

3.2.4. Materiales de escritorio

Durante la investigación se emplearon diversos materiales de escritorio como; laptop, memoria USB, cámara fotográfica y un celular para el registro visual de las actividades. Además, se utilizaron implementos de oficina como; lapicero, lápiz, borrador, marcador, papel bond tamaño A4, tablero, un cuaderno de campo, formatos de registro de colmenas y rótulos de identificación.

3.3. Metodología

La investigación se desarrolló bajo un enfoque experimental, aplicando un procedimiento controlado en el que se manipuló la variable independiente para observar su efecto sobre la variable

dependiente. Se emplearon dos modalidades de crianza de reinas: el método Doolittle y el método Miller modificado. Estas técnicas fueron aplicadas en tres grupos experimentales, cada uno conformado por dos núcleos, lo que permitió comparar la eficacia de ambos métodos en la obtención de abejas reinas.

3.3.1. Tipo, nivel y diseño de investigación

La investigación es de tipo aplicada, dado que su propósito fundamental fue la generación de conocimientos orientados a resolver una problemática técnica tangible en la apicultura de la región Cajamarca, mediante la validación de métodos que optimicen la producción de material vivo. Asimismo, el estudio se sitúa en un nivel explicativo y comparativo; debido a que no solo busca establecer la relación entre las variables, sino determinar la causalidad del éxito productivo mediante la contrastación rigurosa de dos técnicas de crianza específicas.

Bajo este enfoque, se empleó un diseño experimental puro, caracterizado por la manipulación deliberada de la variable independiente, definida por los métodos Doolittle y Miller modificado, para medir su impacto directo sobre la variable dependiente, establecida como la eficacia en la obtención de abejas reinas.

3.3.2. Diseño experimental y arreglo de tratamientos.

La investigación se desarrolló bajo un diseño bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA), organizados en tres grupos experimentales, cada uno conformado por dos núcleos de abejas, para medir su efecto sobre la variable dependiente, definida como la eficacia en la obtención de abejas reinas, permitiendo ejercer un control estricto sobre las variables intervinientes y facilitar la aplicación de herramientas estadísticas robustas, como el Análisis de Varianza (ANOVA) y la prueba t de Student, logrando un control estadístico riguroso y una comparación

sistemática de los parámetros de aceptación, operculación y emergencia. La disposición del experimento fue la siguiente:

GC1 – X1 – Y

GC1 – X2 – Y

GC2 – X1 – Y

GC2 – X2 – Y

GC3 – X1 – Y

GC3 – X2 – Y

Donde:

GC = Grupo de control (núcleo).

X1 = Tratamiento 1 (Método Doolittle).

X2 = Tratamiento 2 (Método Miller modificado).

Y = Variable dependiente (eficacia en la crianza de reinas).

En el caso del método Doolittle, las tres repeticiones estuvieron constituidas por tres oportunidades de crianza, empleando 10 larvas traslarvadas por vez y por núcleo. En tanto, las repeticiones del método Miller modificado se efectuaron también en tres oportunidades de crianza, utilizando 88, 92 y 90 larvas presentes por vez y por núcleo, respectivamente.

3.4. Conducción del Experimento.

3.4.1. Etapa previa a la investigación

Para la ejecución del presente estudio, se realizó inicialmente una evaluación de las 20 colmenas instaladas en el apiario *El Bosque*, con el fin de seleccionar aquellas que cumplieran con las características requeridas para la investigación.

3.4.1.1. Evaluación y selección de las colmenas

La evaluación tuvo una duración de noventa días y consistió en identificar las colmenas madre y las colmenas donadoras. Este proceso se desarrolló mediante un manejo técnico

convencional, observando características de mansedumbre, productividad, comportamiento higiénico e índice de enjambración. Las revisiones se efectuaron con una frecuencia de cada quince días.

- **Colmena madre:** Constituida por colonias de abejas en colmenas estándar americanas de un solo cuerpo, con presencia de reina. Estas colmenas, de buena calidad, suministraron las larvas recién nacidas utilizadas en la aplicación de los métodos de crianza de reinas.
- **Colmenas donadoras:** Integradas por colonias de abejas en colmenas estándar americanas de un solo cuerpo, también con presencia de reina. Estas colmenas aportaron huevos, larvas, pupas, cría cerrada, abejas adultas y alimento, destinados a la formación de los núcleos criadores.

Tabla 2.

Criterios, métodos y frecuencia de evaluación para la selección de colmenas madre y colmenas donadoras en programas de mejoramiento apícola.

CARACTERÍSTICAS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	FRECUENCIA DE EVALUACIÓN
Mansedumbre	Observación del comportamiento al momento de la apertura de la colmena: 1 = Abejas agresivas. 2 = Abejas defensivas moderada 3 = Abejas manejables 4 = Abejas dóciles 5 = Abejas muy dóciles (manejables sin guantes).	Cada 15 días
Productividad	Revisión de reserva y estimación de la producción de miel, polen y propóleo por colmena: 1 = Baja producción 2 = Producción baja 3 = Producción media. 4 = Producción buena. 5 = Alta productividad	Cada 15 días
Comportamiento Higiénico	Test de pinchado de larvas en un cuadrado de 8 cm x 8 cm:	1 vez por mes

- 1 = Escaso comportamiento higiénico (no eliminan cría muerta y enferma).
- 2 = Comportamiento higiénico deficiente.
- 3 = Comportamiento higiénico aceptable
- 4 = Buen comportamiento higiénico.
- 5 = Comportamiento higiénico excelente

Índice de Enjambrazón	Revisión de celdas reales y postura de la reina y signos de enjambrazón:	Cada 15 días
	1 = Comportamiento excesivamente enjambrador.	
	2 = Comportamiento de enjambrazón inminente.	
	3 = Comportamiento enjambrador controlado.	
	4 = No muestra signos de enjambrazón.	
	5 = Cero tendencias a la enjambrazón.	

Nota: Para la evaluación se considera características clave del comportamiento y productividad de las colmenas.

Luego de la evaluación, se seleccionaron tres colmenas madre, destinadas a la reproducción de reinas, y tres colmenas donadoras, utilizadas para la provisión de larvas en los métodos de cría. A continuación, se presenta la designación y codificación asignada a cada una para su seguimiento en las etapas posteriores del estudio.

Tabla 3.

Identificación y codificación de colmenas madre y colmenas donadoras seleccionadas.

Nº Colmena Seleccionada	Codificación de colmenas
1	Colmena Madre Nº 1 = CM1
2	Colmena Madre Nº 2 = CM2
3	Colmena Madre Nº 3 = CM3
4	Colmena Donadora Nº 1 = CD1
5	Colmena Donadora Nº 2 = CD2
6	Colmena Donadora Nº 3 = CD3

Nota: La codificación de las colmenas facilita su identificación y seguimiento durante la cría de reinas, diferenciando colmenas madre (CM) por su calidad y colmenas donadoras (CD) por su aporte de larvas.

3.4.1.2. Acondicionamiento y manejo de las colmenas

Las colmenas madre y donadoras estuvieron constituidas por colmenas estándar americanas de un solo cuerpo, organizadas con un total de diez panales. Su disposición interna incluyó dos marcos de alimento de miel y dos marcos de polen ubicados en los laterales, mientras que en la zona central se dispusieron tres marcos con cría operculada y tres marcos con cría larval, lo que aseguró un adecuado equilibrio entre recursos y desarrollo de la colonia. Además, cada colmena presentó una buena población de abejas adultas, condición indispensable para el correcto desarrollo de la investigación. Las colmenas fueron distribuidas de manera horizontal en el apiario, tal como se observa en la figura 2.

Figura 2.

Distribución de las colmenas madre y donadoras.



Durante esta etapa, se suministró a las colonias una alimentación energética y proteica compuesta por jarabe de azúcar y promotor L, con el objetivo de estimular la postura de las reinas y garantizar la fortaleza de las colonias seleccionadas.

Tabla 4.

Formulación de dietas energéticas y proteicas para alimentación apícola.

Insumos	Unidad	Dieta Energética	Dieta Proteica
Agua	L	1	
Azúcar *	Kg	1	
Promotor L	ml/L		5 ml/L de jarabe de azúcar

Nota: La dieta energética consistió en una solución de agua y azúcar en proporción 1:1. La dieta proteica consistió en 5 ml/L del suplemento Promotor L.

3.4.2. Desarrollo experimental.

3.4.2.1. Formación de los núcleos criadores

Se conformaron seis núcleos criadores en porta núcleos de cinco marcos, utilizando material biológico de las colmenas donadoras 1, 3 y 6. Cada núcleo se integró con alimento distribuidos en; un panal de miel y otro de polen con abejas adultas, además de dos panales con cría en diferentes estadios (huevo, larva, pupa, cría cerrada y abeja adulta). La formación de núcleos se realizó tres días antes de la aplicación de los métodos de crianza, manteniéndolos huérfanos (sin reina) para favorecer la aceptación de las larvas.

3.4.2.2. Alimentación de los núcleos criadores

Luego los núcleos criadores recibieron alimentación energética y proteica a base de jarabe de azúcar, promotor L y pastas, suministrando 500 ml de jarabe de azúcar y 100 g de pasta como suplemento nutricional (Tabla 4).

Tabla 5.

Fórmula de la alimentación apícola proteica.

Insumos	Unidad	Dieta Energética	Dieta Proteica
Miel de abeja	Gr	65	
Polen	Gr	20	Pasta proteica – 100
Azúcar impalpable	Gr	10	gr/núcleo
Leche en polvo	Gr	5	

Nota: La dieta proteica se preparó por núcleo utilizando una base de miel y complementada con polen, azúcar impalpable y leche en polvo.

3.4.2.3. Traslado de porta núcleos

- **Traslado a un sitio provisional**

Una vez listo los porta núcleos, se procedió su traslado a un sitio provisional ubicado aproximadamente a 300 metros del apiario de origen. Para evitar la salida de las abejas durante el transporte, la piquera fue bloqueada con un trozo de esponja.

Este procedimiento se realizó con sumo cuidado, evitando movimientos bruscos a fin de reducir el estrés en la población de abejas al mínimo. El espacio había sido preparado con anticipación, garantizando condiciones adecuadas para la recepción temporal de los núcleos. Donde permanecieron durante dos días. El objetivo de este traslado inicial fue impedir que las abejas retornaran a sus colmenas originales y favorecer su adaptación al nuevo entorno.

- **Traslado al apiario El Bosque**

Transcurrido el período de adaptación, se efectuó el segundo traslado hacia el apiario definitivo “El Bosque”. Esta operación se realizó en horas de la tarde-noche, momento en que la mayoría de las abejas pecoreadoras y exploradoras habían retornado a los porta núcleos, lo que permitió minimizar la pérdida de individuos durante el desplazamiento. Una vez en el apiario, los porta núcleos se instalados en disposición horizontal, respetando el diseño y la distribución previamente establecidos para el lugar.

3.4.2.4.Designación de método y acondicionamiento de los núcleos criadores

Finalmente, se asignaron los métodos de crianza a cada porta núcleo en evaluación y se procedió a su acondicionamiento correspondiente.

Tabla 6.

Codificación de núcleos criadores según método de crianza y composición estructural.

Porta Núcleo N°	Designación de método	Marcos de Reserva (Miel/Polen)	Marcos con Cría Operculada	Total, de Marcos	Población de Abejas Adultas
Núcleo Criador N°1 = NC1	Método Miller = MM	2	2	4	Alta
Núcleo Criador N°2 = NC2	Método Doolittle = MD	2	2	4	Alta
Núcleo Criador N°3 = NC3	Método Miller = MM	2	2	4	Alta

Núcleo Criador N°4 = NC4	Método Doolittle = MD	2	2	4	Alta
Núcleo Criador N°5 = NC5	Método Doolittle = MD	2	2	4	Alta
Núcleo Criador N°6 = NC6	Método Miller = MM	2	2	4	Alta

Nota: Los núcleos presentaron una población adulta alta y una estructura uniforme de marcos, para garantizar condiciones óptimas para la aplicación de los métodos Miller modificado y Doolittle en la crianza de reinas.

Figura 3.

Distribución de los núcleos criadores en el apiario "El Bosque".



3.4.2.5. Preparación del marco traslarvador

El marco traslarvador consistió en un bastidor sin alambrear al que se le adaptó un listón de madera de aproximadamente 1.5 cm de ancho, 1 cm de espesor y con una longitud equivalente al interior del marco. Dicho listón se fijó mediante aberturas laterales, lo que facilitó su manipulación durante el proceso de traslarve. Una vez preparado el bastidor, se adhirieron al listón las bases plásticas de las cúpulas utilizando cera fundida como fijador, instalándose un total de diez bases por marco traslarvador, de acuerdo con lo establecido en el método Doolittle.

3.4.2.6. Familiarización

Posteriormente, los marcos traslarvadores con las cúpulas ya instaladas se introdujeron en los porta-núcleos con 24 horas de antelación al traslarve. Este procedimiento, conocido como familiarización, permitió que las abejas limpiaran las cúpulas y las impregnaran con el aroma de

la colmena, lo cual favoreció significativamente la aceptación de las larvas al momento de la transferencia.

3.4.2.7.Preparación de la solución con jalea real

Una vez completada la familiarización, se procedió a la preparación de la solución de jalea real. Para ello, se revisaron los porta-núcleos y se seleccionaron panales con larvas jóvenes que contenían celdas reales en formación. Del interior de estas celdas se extrajo jalea real, la cual fue trasladada al laboratorio para su procesamiento. En este espacio, la jalea real se mezcló homogéneamente con una gota de agua destilada, y la solución resultante se distribuyó en pequeñísimas porciones en cada una de las cúpulas plásticas previamente instaladas en los marcos traslarvadores. Este paso tuvo como finalidad humedecer y acondicionar las cúpulas para recibir las larvas durante la aplicación del método Doolittle.

3.4.2.8.Aplicación del método Doolittle

Antes de iniciar el procedimiento, se utilizó correspondiente (overol, careta y guantes) y dispuso de herramientas necesarias: palanca universal, alza-marcos, cepillo, ahumador y cuaderno de campo para el registro de observaciones y datos.

- El investigador ingresó al apiario y retiró los marcos traslarvadores de los porta-núcleos criadores número 2, 4 y 5.
- Posteriormente, se abrieron las colmenas madres 2, 4 y 5, extrayendo de cada una un panal con larvas de un día de edad, seleccionadas de la zona central de la cría. Cada panal se envolvió en un paño húmedo y caliente para evitar la deshidratación de las larvas.
- Los marcos traslarvadores y los panales con cría se trasladaron al laboratorio acondicionado para la práctica de traslarve.

- En el laboratorio, los panales se colocaron sobre una mesa en posición inclinada para mejorar la visibilidad. Frente a ellos se dispuso el listón del marco traslarvador con las cúpulas plásticas, utilizando una linterna frontal para facilitar la observación de las larvas.
- A continuación, se depositó una pequeña gota de la solución de jalea real en cada cúpula para humedecerla. Con una aguja de traslarve, se extrajeron cuidadosamente las larvas de un día desde los panales y se transfirieron a las cúpulas, completando un total de diez larvas por marco. El mismo procedimiento se repitió en los otros dos marcos traslarvadores.
- Una vez concluido el traslarve, los marcos se cubrieron con un paño húmedo y se trasladaron nuevamente al apiario, colocándolos en sus respectivos núcleos criadores. De igual manera, los panales de cría, protegidos con tela húmeda, fueron restituidos a sus colmenas madres.

3.4.2.9. Aplicación del método Miller Modificado

Paralelo al día del traslarve, se realizó la aplicación del método Miller Modificado, el cuál consistió

- abrir las colmenas madre número 2,4 y 5 y se retiró un panal por cada colmena con larva de un día de nacida, este panal se seleccionó del centro de cada colmena madre.
- A continuación, se retiraron todas las abejas adultas y se cortó el panal en forma de zigzag utilizando un cuchillo.
- Luego, se eliminaron cada dos larvas, dejando una en su lugar en todo el borde del corte.
- Finalmente, estos panales cortados en zigzag se introdujeron en el centro de los núcleos criadores número 1,3 y 6.

3.4.2.10. Procedimiento para determinar la eficacia del método Doolittle y Miller

Modificado

Para evaluar la eficacia de los métodos de crianza de abejas reinas (Doolittle y Miller modificado) se consideraron tres parámetros fundamentales que permiten medir el rendimiento en cada etapa del proceso. La evaluación se llevó a cabo en núcleos criadores, cada uno conformado por porta núcleos de cinco marcos. Los resultados obtenidos fueron registrados en función de los parámetros establecidos en la Tabla 7.

Tabla 7.

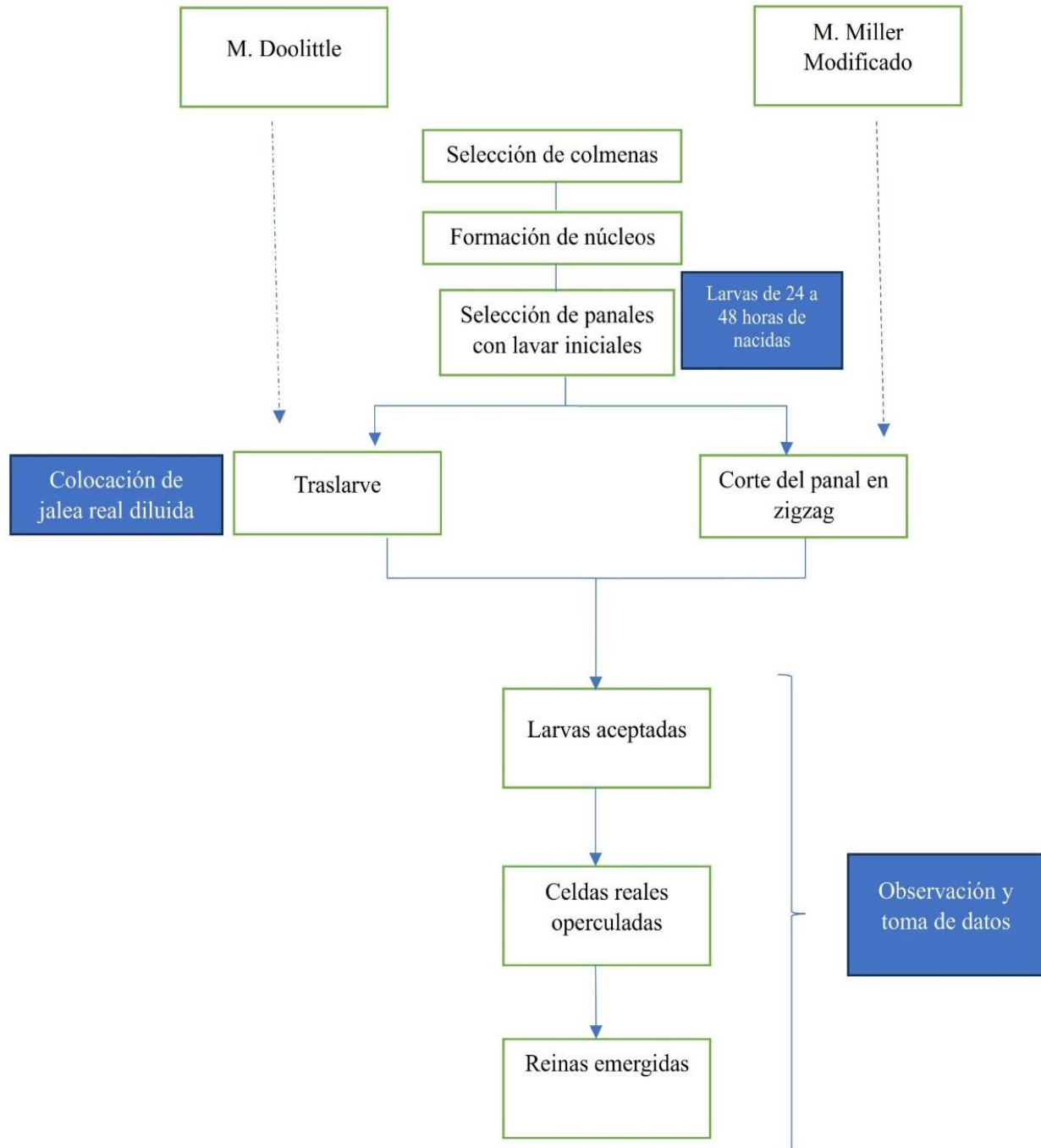
Parámetros utilizados para evaluar la eficacia en la crianza de abejas reinas.

Parámetros Evaluados	
1	Porcentaje de larvas aceptadas
2	Porcentaje de celdas reales operculadas
3	Porcentaje de reinas emergidas

Nota. Para evaluar la eficacia en la crianza de abejas reinas, se consideran tres parámetros clave: el porcentaje de larvas aceptadas, que refleja la disposición de las abejas a cuidar las larvas injertadas; el porcentaje de celdas reales operculadas, que indica cuántas larvas alcanzan una etapa avanzada de desarrollo; y el porcentaje de reinas emergidas, que muestra el éxito final del proceso al obtener reinas vivas y funcionales. Estos indicadores permiten medir y mejorar la eficiencia del manejo apícola en la producción de reinas.

Figura 4.

Diagrama de flujo del proceso de crianza de reinas.



3.5. Variables y métodos de evaluación.

3.5.1. Porcentaje de larvas aceptadas

La aceptación se determinó mediante la inspección visual, verificando la presencia de la larva acompañada de jalea real, alimentada y adoptada por las abejas nodrizas. La evaluación se llevó después 48 horas del proceso de traslarve y de la inserción del panal cortado en forma de zigzag, momento en el cual las abejas han iniciado el cuidado de las larvas seleccionadas.

a. Método Doolittle

Para determinar el porcentaje de aceptación, se aplicó la siguiente fórmula.

$$Ia = \left(\frac{La}{Lt} \right) \times 100$$

Ia = Índice de aceptación

La = Larvas aceptadas

Lt = Larvas traslarvadas

b. Método Miller Modificado

Para determinar el porcentaje de aceptación, se aplicó la siguiente fórmula.

$$Ia = \left(\frac{La}{Lp} \right) \times 100$$

Ia = Índice de aceptación

La = Larvas aceptadas

Lp = Larvas presentes

3.5.2. Porcentaje de celdas reales operculadas

Este parámetro trata del número de celdas reales que han sido completamente cerradas con cera por las abejas nodrizas, indicando que el desarrollo de la reina dentro de la celda ha progresado adecuadamente. Una celda real operculada se caracteriza por su forma alargada, con una base y parte media ensanchadas, y un extremo apical ligeramente cónico, encontrándose en su interior la larva en proceso de metamorfosis hacia abeja reina.

La evaluación se realizó nueve días después del traslarve y de la inserción del panal cortado en zigzag, momento en el cual se espera que las celdas seleccionadas hayan alcanzado el estado de operculación.

Para determinar el porcentaje de celdas reales operculadas, se aplicó la siguiente fórmula.

$$Io = \left(\frac{Cro}{La} \right) \times 100$$

Io = Índice de operculación

Cro= Celda real operculada

La = Larva aceptada

3.5.3. Porcentaje de reinas emergidas

Este parámetro corresponde al número de reinas que han logrado completar su desarrollo y emerger exitosamente de las celdas reales. Una reina emergida se identifica por el corte característico en el ápice de la celda real u opérculo, realizado por la propia reina al momento de salir. Este comportamiento es un indicador claro de que el proceso de metamorfosis se ha completado de forma adecuada.

La evaluación se efectuó trece días después del traslarve y de la inserción del panal cortado en zigzag, tiempo estimado para la emergencia natural de las reinas.

Para determinar el porcentaje de reinas emergidas, se aplicó la siguiente fórmula.

$$Ie = \left(\frac{Re}{Cro} \right) \times 100$$

Ie = Índice de emergencia

Re = Reinas emergidas

Cro = Celda real operculada

3.6. Análisis estadístico.

Para la evaluación de la eficacia de los métodos de crianza de abejas reinas y determinar diferencias significativas entre los tratamientos (X1: Doolittle; X2: Miller modificado) se aplicó un ANOVA de un factor, seguido de la prueba t de Student para la comparación directa de medias, considerando significativas aquellas diferencias con $p < 0.05$. La variabilidad experimental se expresó mediante el coeficiente de variación (C.V.).

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La eficacia de ambos métodos se evaluó considerando como referencia tres parámetros: el porcentaje de larvas aceptadas, el porcentaje de celdas reales operculadas y el porcentaje de reinas emergidas, utilizando porta núcleos de cinco marcos.

4.1. Porcentaje de aceptación de larvas, según los métodos Doolittle y Miller modificado en la crianza de abejas reinas.

Se registró el porcentaje de larvas aceptadas transcurridas 48 horas después de la aplicación de los dos métodos de producción de reinas.

Tabla 8.

Resultados de aceptación de larvas según los métodos Doolittle y Miller modificado.

Grupo de Control (GC)	Tratamiento	Nº de larvas iniciales	Nº de reinas aceptadas	% de aceptación
GC1	X1 (Doolittle)	10	7	70.00
GC1	X2 (Miller modificado)	88	2	2.27
GC2	X1 (Doolittle)	10	8	80.00
GC2	X2 (Miller modificado)	92	1	1.09
GC3	X1 (Doolittle)	10	7	70.00
GC3	X2 (Miller modificado)	90	1	1.11

Nota: El método Doolittle presentó consistentemente una mayor aceptación de larvas en comparación con el método Miller modificado, 48 horas después del traslarve.

El análisis de varianza (Tabla 9) del porcentaje de larvas aceptadas evidenció diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($F = 458.26$; $p = 0.0001$), con un nivel de confianza del 99 %, lo que demuestra que el método de producción de reinas aplicado tuvo un efecto directo y determinante sobre la aceptación de las larvas. El coeficiente de variación obtenido (11 %) se encuentra dentro de los rangos aceptables para estudios realizados en condiciones de campo abierto, lo que refleja una adecuada precisión experimental y respalda la confiabilidad de los datos registrados.

Tabla 9.*Análisis de varianza (ANOVA) del porcentaje de larvas aceptadas.*

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	7742.2	1	7742.2	458.26	<0.0001 **
Error	67.58	4	16.89		
Total	7809.78	5			

**= *Alta significancia estadística* ($p < 0.01$).*C.V. = 11 %*

El análisis mediante la prueba t de Student (Tabla 10) mostró una diferencia altamente significativa en el porcentaje de reinas emergidas entre los tratamientos comparados. El estadístico obtenido ($t = 21.41$; $gl = 4$) refleja una diferencia de gran magnitud en las medias, mientras que el valor de p (0.0022) confirma que dicha diferencia no es atribuible al azar. Estos resultados respaldan la superioridad del método Doolittle en el éxito de la emergencia de reinas.

Tabla 10.*Comparación de tratamientos en el porcentaje de larvas aceptadas (prueba t de Student).*

Comparación	t	gl	p-valor
Doolittle vs. Miller modificado	21.41	4	0.0022

La comparación de medias con intervalos de confianza al 95 % (Tabla 11) evidenció una diferencia marcada entre los tratamientos evaluados. El método Doolittle presentó una media de aceptación de larvas del 73.33 %, con un intervalo de confianza que oscila entre 58.99 % y 87.68 %, y un valor $p = 0.0021$, lo que indica una diferencia estadísticamente significativa. En contraste, el método Miller modificado mostró una media de apenas 1.49 %, con un intervalo de confianza que incluye valores negativos (-0.19 % a 3.17 %) y un valor $p = 0.0622$, lo que sugiere que su eficacia no es estadísticamente significativa. Estos resultados confirman que el método Doolittle es considerablemente más efectivo en la aceptación de larvas para la cría de reinas.

Tabla 11.

Comparación de medias con intervalos de confianza (IC) al 95% del % de larvas aceptadas.

Tratamiento	Media	DE	LI (95)	LS (95)	T	p(Bilateral)
X1 (Doolittle)	73.33	5.77	58.99	87.68	22	0.0021
X2 (Miller modificado)	1.49	0.68	-0.19	3.17	3.82	0.0622

La figura 5, evidencia una diferencia marcada entre los métodos evaluados: mientras que el método Doolittle alcanzó un promedio de aceptación del 73,33 %, el método Miller modificado apenas logró un 1,49 % de larvas aceptadas. Estos hallazgos confirman que el método Doolittle es más eficaz y tiene un efecto determinante en la aceptación de larvas, bajo las condiciones experimentales del presente estudio.

Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Kamboj et al. (2024), quienes evidenciaron que el método Doolittle supera en aceptación de larvas y eficiencia en la producción de reinas al método Miller y a otros sistemas convencionales, debido a la precisión en la selección y manipulación de las larvas. En la misma línea, Rehman et al. (2024) subrayan que la edad larvaria es un factor crítico, ya que larvas de 12 a 24 horas pueden alcanzar niveles de aceptación superiores al 75 %, mientras que larvas de 48 a 72 horas raramente superan el 20 %. Este aspecto puede explicar, en parte, los bajos porcentajes obtenidos con el método Miller modificado, en el que la selección de larvas óptimas resulta más difícil debido a la naturaleza del corte en zigzag.

Asimismo, investigaciones recientes destacan la relevancia de la nutrición y la disponibilidad de polen en las colonias iniciadoras. Una dieta rica en proteínas favorece la producción de jalea real, lo que incide positivamente en la aceptación de larvas y en la calidad de las reinas (Kama et al., 2025). En esta línea, Arias (2019) encontró que el método Doolittle presentó una mayor tasa de aceptación de larvas (92.5%) y mejores índices de nacimiento de reinas (82.5%) en comparación con el sistema Nicot. Además, se observó que el comportamiento

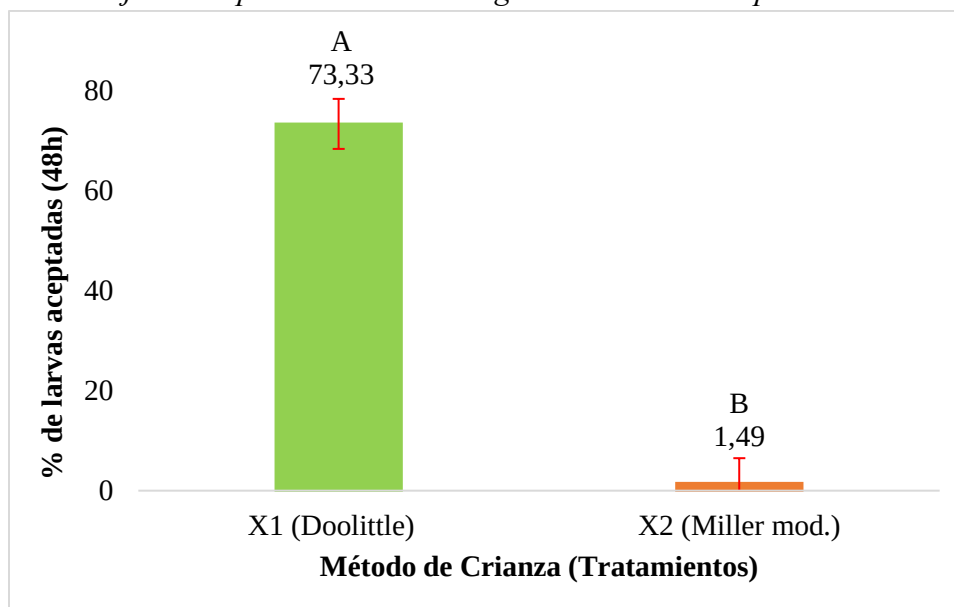
higiénico no guarda una correlación significativa con la defensividad, lo que sugiere que ambos rasgos pueden evaluarse de forma independiente en programas de selección genética.

Por otro lado, manuales técnicos y guías metodológicas actualizadas resaltan que la fuerza de la colonia iniciadora, la estación de crianza y la técnica empleada deben ser estandarizadas para evitar sesgos en la comparación de métodos. En este sentido Kama y Shpigler (2025) recomiendan que las evaluaciones de técnicas de producción de reinas incluyan controles estrictos sobre la población de nodrizas, la disponibilidad de reservas y la habilidad del operador, dado que estos elementos pueden modificar drásticamente la tasa de aceptación.

En conjunto, los resultados del presente estudio confirman lo señalado en la literatura reciente: el método Doolittle es más confiable, consistente y eficaz para la cría de reinas en comparación con el Miller modificado. No obstante, el éxito final depende de un manejo cuidadoso de variables críticas como la edad de las larvas, la nutrición de las colonias y las condiciones ambientales durante el proceso de crianza, aspectos que deben ser considerados en futuras investigaciones para optimizar la productividad y calidad de reinas.

Figura 5.

Porcentaje de aceptación de larvas según el tratamiento aplicado.



4.2. Porcentaje de celdas reales operculadas según los métodos Doolittle y Miller modificado en la crianza de abejas reinas.

Se evaluó el número y el porcentaje de celdas reales operculadas a los nueve días de aplicar los métodos de producción de reinas, tomando como referencia las larvas previamente aceptadas. El análisis consideró el efecto de dos tratamientos de traslarve (X1 = método Doolittle y X2 = método Miller modificado) en tres grupos de control (GC1, GC2 y GC3). En todos los casos, el porcentaje de aceptación de larvas fue del 100 %.

Tabla 12.

Resultados de operculación de celdas reales según los métodos Doolittle y Miller modificado.

Grupo de Control (GC)	Tratamiento	Nº de larvas aceptadas	Nº celdas reales operculadas	% celdas reales operculadas
GC1	X1 (Doolittle)	7	7	100.00
GC1	X2 (Miller mod.)	2	2	100.00
GC2	X1 (Doolittle)	8	8	100.00
GC2	X2 (Miller mod.)	1	1	100.00
GC3	X1 (Doolittle)	7	7	100.00
GC3	X2 (Miller mod.)	1	1	100.00

Nota: En todos los casos evaluados, se observó un 100 % en celdas reales operculadas, tanto con el método Doolittle como con el método Miller modificado.

El análisis de varianza (ANOVA) de dos factores (Grupo y Tratamiento) no pudo aplicarse de manera válida, ya que la variable dependiente no presentó variabilidad. En consecuencia, el modelo estadístico no permite identificar diferencias significativas. En todos los tratamientos se obtuvo un 100 % de aceptación, sin evidenciarse diferencias entre grupos. Por lo tanto, al no existir variación, se concluye que ambos métodos evaluados fueron igualmente efectivos bajo las condiciones del experimento.

4.3. Porcentaje de reinas emergidas según los métodos Doolittle y Miller modificado en la crianza de abejas reinas.

4.3.1.1. Reinas emergidas a los trece días respecto a las celdas reales operculadas.

En la tabla 13, se evaluó el número y porcentaje de reinas emergidas a los trece días de haber aplicado los métodos de producción de reinas, considerando como referencia las celdas reales operculadas. La evaluación incluyó dos métodos de producción de reinas (X1 = Doolittle, X2 = Miller modificado) y tres grupos de control (GC1, GC2, GC3). En todos los casos, el porcentaje de reinas emergidas en relación con las celdas operculadas fue del 100%.

Tabla 13.

Resultados de la emergencia de reinas a los trece días respecto a las celdas reales operculadas.

Grupo de Control (GC)	Tratamiento	Nº de larvas en las celdas reales operculadas	Nº de reinas emergidas	% de reinas emergidas
GC1	X1 (Doolittle)	7	7	100.00
GC1	X2 (Miller modificado)	2	2	100.00
GC2	X1 (Doolittle)	8	8	100.00
GC2	X2 (Miller modificado)	1	1	100.00
GC3	X1 (Doolittle)	7	7	100.00
GC3	X2 (Miller modificado)	1	1	100.00

Nota: En todos los casos evaluados, se observó un 100 % de reinas emergidas, tanto con el método Doolittle como con el método Miller modificado.

El análisis de varianza (ANOVA) no pudo realizarse de manera válida debido a la ausencia de variabilidad en los datos. En consecuencia, no fue posible identificar diferencias estadísticas entre tratamientos ni entre grupos, ya que todos alcanzaron un 100% de emergencia de reinas. Estos resultados indican que ambos métodos de producción fueron igualmente efectivos bajo las condiciones del experimento.

4.3.1.2. Emergencia de reinas a los trece días respecto del número de traslarves realizados y larvas presentes en el corte en zigzag.

La Tabla 14 presenta los resultados obtenidos del porcentaje de reinas emergidas para cada grupo de control (GC) y tratamiento, evaluados a los trece días después de la aplicación de los métodos de producción, considerando el número de traslarves realizados y las larvas presentes en el corte en zigzag.

Tabla 14.

Resultados de la emergencia de reinas en relación al número de traslarve y larvas presentes del corte en zigzag.

Grupo de Control (GC)	Tratamiento	Nº de larvas iniciales	Nº de reinas emergidas	% de reinas emergidas
GC1	X1 (Doolittle)	10	7	70.00
GC1	X2 (Miller mod.)	88	2	2.27
GC2	X1 (Doolittle)	10	8	80.00
GC2	X2 (Miller mod.)	92	1	1.09
GC3	X1 (Doolittle)	10	7	70.00
GC3	X2 (Miller mod.)	90	1	1.11

Nota: El método Doolittle mostró una eficacia notable en la emergencia de reinas (70 %–80 %), mientras que el método Miller modificado presentó resultados considerablemente inferiores (menos del 3 %), pese a utilizar más larvas iniciales.

Según la Tabla 15, el análisis de varianza realizado para evaluar el porcentaje de reinas emergidas a los trece días en función del número de traslarves realizados y de las larvas presentes en el corte en zigzag reveló que el tratamiento tuvo un efecto altamente significativo ($p = 0.0001$) sobre la variable de respuesta. Esto demuestra que el tipo de método utilizado influye de manera determinante en la tasa de emergencia de reinas. El coeficiente de variación (C.V. = 11 %) indica una buena precisión experimental, ya que los datos presentan una variabilidad relativamente baja en relación con la media.

Tabla 15.

Análisis de varianza (ANOVA) de la emergencia de reinas en relación al número de traslarve y larvas presentes del corte en zigzag.

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	7742.2	1	7742.2	458.26	<0.0001 **
Error	67.58	4	16.89		
Total	7809.78	5			

**= *Alta significancia estadística ($p < 0.01$).*

C.V. = 11%

La prueba t de Student (Tabla 16) mostró una diferencia estadísticamente significativa en el porcentaje de reinas emergidas entre los tratamientos Doolittle y Miller modificado. El valor obtenido ($t = 21.41$; $p = 0.0022$) indica que la diferencia en las medias no se debe al azar, sino que refleja una mayor efectividad del método Doolittle en la emergencia de reinas a los trece días, considerando el número de traslarves realizados y las larvas presentes en el corte en zigzag. Asimismo, la magnitud del estadístico t confirma una diferencia considerable entre ambos tratamientos, lo que respalda la recomendación del método Doolittle como el más eficaz en condiciones experimentales comparables.

Tabla 16.

Comparación de tratamientos de la emergencia de reinas en relación al número de traslarve y larvas presentes del corte en zigzag (prueba t de Student).

Comparación	t	gl	p-valor
Doolittle vs. Miller modificado	21.41	4	0.0022

La comparación de medias con intervalos de confianza al 95% (Tabla 17) evidenció una marcada diferencia en la emergencia de reinas entre los tratamientos evaluados. El método Doolittle presentó una media del 73.33% (DE = 5.77), con un intervalo de confianza de 58.99 a 87.68, lo que indica una evidencia dominante y estadísticamente significativa ($t = 22$; $p = 0.0021$).

En contraste, el método Miller modificado alcanzó una media de apenas 1.49% (DE = 0.68), con un intervalo de confianza de -0.19 a 3.17, el cual incluye el valor cero, lo que sugiere ausencia de significancia estadística ($t = 3.82$; $p = 0.0622$). Estos resultados confirman la superioridad del método Doolittle en la emergencia de reinas bajo las condiciones del presente estudio.

Tabla 17.

Comparación de medias con intervalos de confianza (IC) al 95% de la emergencia de reinas en relación al número de traslarve y larvas presentes del corte en zigzag.

Tratamiento	Media	DE	LI (95)	LS (95)	T	p(Bilateral)
X1 (Doolittle)	73.33	5.77	58.99	87.68	22	0.0021
X2 (Miller modificado)	1.49	0.68	-0.19	3.17	3.82	0.0622

La figura 6, muestra los resultados que evidencian la marcada superioridad del método Doolittle frente al método Miller modificado en la emergencia de reinas respecto del número de traslarve y las larvas presentes enumeradas del corte en zigzag, alcanzando tasas promedio cercanas al 73 % frente a apenas 1.5 %. Estos hallazgos coinciden con Rehman et al. (2024), quienes demostraron que la edad larvaria y la técnica de traslarve (húmedo o seco) influyen de manera determinante en la aceptación y emergencia de reinas; en su estudio, las larvas de 12 a 24 horas con traslarve húmedo lograron las mayores tasas de éxito, lo que respalda la eficacia observada en el método Doolittle aplicado en este trabajo. Por su parte, Ahmat (2024) analizó la cría masiva de reinas en ambientes ricos en jalea real, concluyendo que la abundancia de alimento larvario y la fuerza de la colonia nodriza permiten mantener altos niveles de emergencia incluso cuando se incrementa el número de copas, lo que sugiere que el bajo desempeño del método Miller en este estudio pudo deberse a una sobrecarga de larvas no compensada por la capacidad nutricional de las colmenas utilizadas. En la misma línea, Abd Al-Fattah (2024) reportó que variables como el número de copas por colmena, el momento del injerto y la fuerza de la colonia

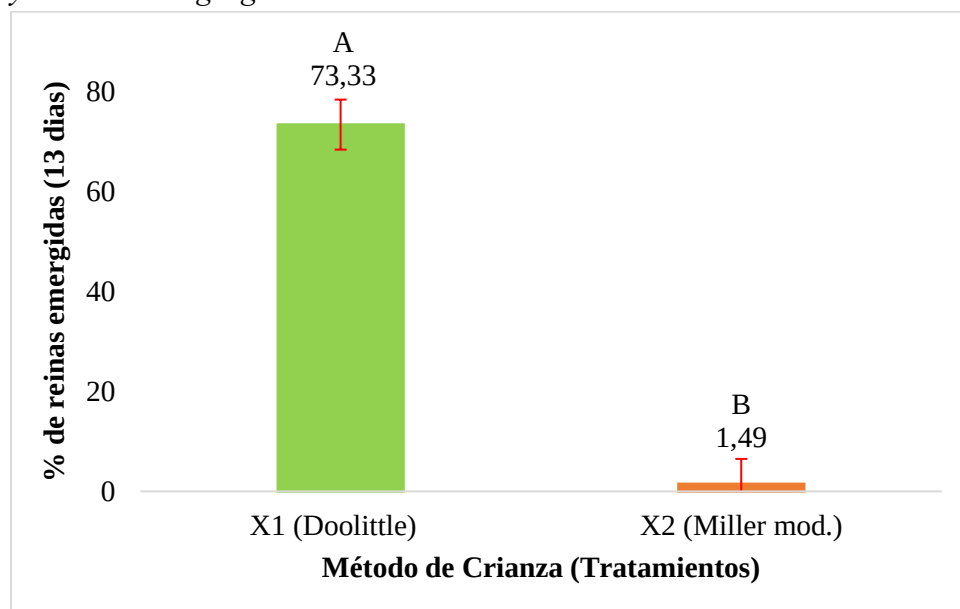
afectan tanto la cantidad como la calidad de las reinas producidas, recomendando limitar la densidad de larvas para evitar una reducción significativa en la tasa de emergencia.

En contraste, la simplicidad del método Miller ha sido destacada por manuales técnicos como el de la National Bee Unit (2022), que lo presenta como una alternativa de fácil aplicación para apicultores principiantes, aunque advierte sobre su alta variabilidad y dependencia de las condiciones ambientales y de manejo. De igual modo, un estudio comparativo reciente (JEFA, 2024) encontró que, si bien este método puede generar reinas viables, su calidad morfológica y tasa de emergencia suelen ser inferiores respecto al traslarve Doolittle, especialmente en escenarios donde se presentan grandes cantidades de larvas al mismo tiempo.

De este modo, la diferencia significativa hallada en este estudio podría explicarse por la densidad de larvas presentadas en el método Miller modificado y las condiciones específicas de las colonias nodrizas, lo que refuerza la necesidad de estandarizar factores como la edad larvaria, el número de copas y la fuerza de las colonias en futuras investigaciones.

Figura 6.

Porcentaje de emergencia de reinas a los trece días respecto al número de traslarves realizados y el corte en zigzag.



CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Los resultados del estudio permiten concluir que:

El método Doolittle es la alternativa más eficaz para la para la crianza de abejas reinas en Cajamarca, pues su aplicación en núcleos de cinco marcos optimiza recursos y supera las limitaciones operativas del método Miller modificado.

En la aceptación de larvas el método Doolittle garantizó un 73.33% frente al método Miller que solo garantiza un 1.49%, demostrando que el control directo sobre la transferencia de la larva es determinante para el éxito inicial.

El método Doolittle alcanza una emergencia superior al 70% respecto al número de traslarves, mientras que, Miller no superó el 2% de éxito en relación con las larvas presentes en el corte en zigzag, estableciendo una brecha crítica en la productividad de cada sistema.

En conjunto, bajo condiciones experimentales de campo se evidencia que el método Doolittle es más eficaz y viable para la crianza de reinas, validando su capacidad para optimizar la producción frente a las limitaciones técnicas observadas en el método Miller modificado.

5.2. Recomendaciones

Según los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se recomienda lo siguiente:

Priorizar el uso del método Doolittle en los programas de mejora genética y producción de abejas reinas en la región Cajamarca, debido a su probada eficacia y alta tasa de éxito para fortalecer la competitividad del sector apícola local.

Desarrollar programas de capacitación continua enfocados en el dominio del traslarve manual y la gestión de colmenas nodrizas, enfatizando el control de variables críticas como la edad larvaria y el soporte nutricional para asegurar la calidad de las reinas producidas.

Promover investigaciones complementarias que evalúen la longevidad, tasa de postura y calidad genética de las reinas obtenidas, sugiriendo la réplica de este estudio en distintas estaciones del año y condiciones ambientales para consolidar la reproducibilidad de los hallazgos.

CAPITULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abd, M. A., Ghanim, A. A., Fathy, H. M., Eissa, A. A., y Ali, M. A. (2024). Cantidad y calidad de reinas criadas comercialmente en función del número y la distribución de celdas reales injertadas artificialmente en colonias de abejas sin reina en la región del Delta Medio, Egipto. *Journal of Plant Protection and Pathology*, 15(10), 347–353. <https://doi.org/10.21608/jppp.2024.324924.1269>
- Abou-Shaara, H. F., Al-Ghamdi, A. A., & Mohamed, A. A. (2021). Comparative evaluation of queen rearing methods in *Apis mellifera* colonies [Evaluación comparativa de métodos de crianza de reinas en colonias de *Apis mellifera*]. *Journal of Apicultural Research*, 60(1), 1–9. <https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1859219>
- Abou-Shaara, H. F., Al-Ghamdi, A. A., y Mohamed, A. A. (2021). Evaluación de los métodos de cría de reinas para abejas melíferas (*Apis mellifera*). *Revista Saudí de Ciencias Biológicas*, 28(5), 2780–2785. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.02.056>
- Ahmat, B. (2024). Aumento de la cría masiva de reinas en cepas con alto contenido en jalea real: efectos sobre los rasgos morfométricos y la fecundidad. *Agricultura*, 14(2), 264. <https://doi.org/10.3390/agriculture14020264>
- Ahmat, B., Zhang, Y. y Li, X. (2024). Aumento de la cría masiva de reinas en colonias con alta producción de jalea real: implicaciones para la productividad de las colonias y la adaptación al clima. *Agricultura*, 14(2), 264. <https://doi.org/10.3390/agriculture14020264>
- Alvarado, I. D. (2023). *Evaluación de técnicas de cría de abejas reinas en Apis mellifera como estrategia productiva en apicultura* [Tesis de grado, Universidad Industrial de Santander]. Repositorio Institucional UIS. <https://noesis.uis.edu.co/handle/20.500.14071/15251>

- Anguiano, A., Martínez, R., y López, J. (2022). *Biología y organización social de la abeja melífera (Apis mellifera L.)*. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 13(2), 525–548.
<https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i2.5960>
- Anguiano-Báez, R., Correa Benítez, A., Gris Valle, A. G., & Vázquez Valencia, I. (2022). *Cría de reinas*. Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de https://papimes.fmvz.unam.mx/proyectos/cria_reinas/Cria_Reinas.pdf
- Arechavaleta-Velasco, M. E., García-Figueroa, C., Yavarik Alvarado-Ávila, L., Ramírez-Ramírez, F. J., y Alcalá-Escamilla, K. I. (2021). Resultados e impacto de la investigación en genética y mejoramiento genético de las abejas melíferas desarrollada por el INIFAP en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12(3), 224–242.
<https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5919>
- Arias, L. S. (2019). *Evaluación y selección del comportamiento higiénico, defensividad y métodos de cría de reinas (Apis mellifera) en el Pacífico Central de Costa Rica* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Costa Rica]. Repositorio Institucional UNA.
<https://repositorio.una.ac.cr/items/fbe8f798-a96d-40ef-a607-dd34af984e11>
- Becerril García, J., y Hernández Cuevas, F. I. (2020). *Apicultura: su contribución al ingreso de los hogares rurales del sur de Yucatán*. *Revista Península*, 15(2), 9–29. Recuperado de <https://www.scielo.org.mx/pdf/peni/v15n2/1870-5766-peni-15-02-9.pdf>
- Bobadilla, O. L. (2023). *Análisis comparativo entre los métodos más importantes de crianza de abejas reinas (Apis Mellifera) existentes y los empleados en Colombia*. [Monografía]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/61975>

- Büchler, R., et al. (2014). La influencia del origen genético y su interacción con los efectos ambientales en la supervivencia de las colonias de *Apis mellifera* L. en Europa. *Revista de Investigación Apícola*, 53(2), 205–214. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.53.2.03>
- Calatayud, F., y Verdú, M. (2020). Calidad de las reinas y su impacto en la productividad apícola y la polinización de cultivos. *Revista Ibérica de Apicultura*, 98(2), 45–52.
- Calderón, J., Guzmán-Novoa, E., Alburaki, M., Invernizzi, C., Fernández de Landa, G. y Maggi, M. (2024). Poblaciones de abejas melíferas que sobreviven al parasitismo de *Varroa destructor* en América Latina y sus mecanismos de resistencia. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 12, 1434490. <https://doi.org/10.3389/fevo.2024.1434490>
- Cantú-Martínez, P. C. (2024). La apicultura como práctica para la sustentabilidad. *Revista CienciaUANL*, 27(126). https://cienciauanl.uanl.mx/wp-content/uploads/2024/07/GALERA_126_SUSTENTABILIDAD.pdf
- Cepeda, M., Bejarano, D. H., Vásquez, R. E., Rodríguez, O. A., y Montes, W. A. (2021). *Buenas prácticas para la producción de reinas seleccionadas de abejas Apis mellifera*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA. <https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/book/412>
- COPEAPI. (2023). *Plan Nacional de Desarrollo Apícola 2015–2025*. Consejo Peruano de Apicultura. Recuperado de <https://www.copeapi.com/wp-content/uploads/2023/11/PLAN-NACIONAL-DE-DESARROLLO-APICOLA-2015-2025-2.pdf>
- Ciprián Martínez, S. M. (2022). *Cría de abejas reinas con el método Doolittle* [Tesina de grado, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo]. Biblioteca Virtual DGB UMICH. http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/13418/FMVZ-L-2022-0984.pdf?sequence=1

- CUNORI. (2025). *Selección para el mejoramiento genético de las abejas Apis mellifera: Enfoque en dócilidad y hábito higiénico*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Oriente.
- Del Cid-Mena, R. y Mora-Quiroz, M. (2024). La producción apícola como alternativa económica sostenible para el aprovechamiento de la biodiversidad. *Ciencia Agropecuaria*, (41), 12-28.
- Dimitrov, L. (2024). Aspectos económicos de la cría de abejas reinas. *Revista de Investigación Apícola*, 63(2), 123-134. <https://doi.org/10.1080/00218839.2024.2361944>
- Erez, T., Soroker, V. y Shafir, S. (2022). Múltiples beneficios de la cría de abejas melíferas para el comportamiento higiénico. *Journal of Invertebrate Pathology*, 193, 107788. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2022.107788>
- Fraire, K. (2024). Evaluación de la vulnerabilidad de abejas reina de *Apis mellifera* ante variaciones térmicas [Tesis de maestría, Universidad Autónoma Chapingo]. Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma Chapingo. <https://repositorio.chapingo.edu.mx/handle/20.500.11849/3553>
- García-Rodríguez, J. L. (2024). *Dinámica sistémica de la colonia de abejas y su gestión técnica*. Editorial Agraria Española.
- Galindo-Cardona, A., Quiroga, O. B., Bianchi, E., y Ayup, M. M. (2017). Primer reporte de un área de congregación de zánganos de *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) de Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 76(1–2), 50–53. <https://doi.org/10.25085/rsea.761207>.

- González, R. (2022). La biología de la abeja melífera y su impacto en la productividad apícola. *Revista de Ciencias Apícolas*, 18(3), 45–60. Recuperado de <https://revistas.unam.mx/index.php/cienciasapicola/article/view/45678>
- Gonzales-Bustamante, L. E. (2025). Contribución de los polinizadores en la agricultura peruana y ranking de cultivos en base al valor económico. *Ecología Aplicada*, 24(1), 113-119. <https://doi.org/10.21704/rea.v24i1.2281>
- Ivars, J. (2024). *Reinas de reemplazo: cuando las abejas deciden*. La Tienda del Apicultor. <https://www.latiendadelapicultor.com/blog/reinas-de-reemplazo-natural/>
- Kama, O., Shpigler, H.Y. (2025). Factores sociales y nutricionales que controlan el crecimiento de las reinas de las abejas melíferas (*Apis mellifera*). *PLOS ONE* 20(2): e0310608. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0310608>
- Kama, R., López, M., & Paredes, J. (2025). Efecto de las dietas ricas en proteínas sobre la aceptación de las larvas y la calidad de las reinas en las colonias de abejas melíferas. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 38(1).
- Kamboj, R., Sharma, S. K., Rathee, M., Rao, N. y Khan, A. (2024). Características comparativas de calidad de las reinas *Apis mellifera* L. criadas mediante métodos estándar de cría de reinas en la temporada de reproducción primaveral. *Revista de Agricultura Ecológica*, 19(1), 95-103. <https://doi.org/10.48165/jefa.2024.19.01.17>
- Mariette, J., Carcaud, J., Louis, T., Lacassagne, E., Servais, I., Montagné, N., Chertemps, T., Jacquin-Joly, E., Meslin, C., Marion-Poll, F., y Sandoz, J. C. (2024). Evolución de la sintonización del receptor de feromonas de la reina en cuatro especies de abejas melíferas (Hymenoptera, Apidae, *Apis*). *IScience*, 27(12):111243. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2024.111243>.

- Martin-Culma, N. Y. y Arenas-Suárez, N. E. (2018). Daño colateral en abejas por la exposición a pesticidas de uso agrícola. *Entramado*, 14(1), 232–247. <https://doi.org/10.18041/entramado.2018v14n1.27113>.
- Mayorga Pullutasig, E. M. (2021). *Análisis comparativo entre los métodos Alley y Miller en la reproducción de abejas reinas (Apis mellifera)* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio UTC. <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8256>
- Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo [MTPE]. (2019). Mapa funcional del perfil ocupacional de apicultura. Gobierno del Perú. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/286712/MF_PO_Apicultura.pdf?v=1548104852.
- Mortensen, A. N., & Schilcher, F. (2023). La transición de nodriza a pecoreadora en abejas melíferas: Implicaciones para la productividad de la colmena. *Revista de Ciencias Apícolas*, 19(1), 15–30. Recuperado de <https://revistas.unam.mx/index.php/cienciasapicola/article/view/12345>
- Morales-Guzmán, F., Silva-Rojas, T. y Ortega-Méndez, R. (2022). Homeostasis y autorregulación en *Apis mellifera*: Una visión integral. *BioCiencias Latinoamericanas*, 10(2), 45-59.
- Moreno, D. M. (2023). *Rol de los microARNs en la regulación de la plasticidad fenotípica en Apis mellifera* [Tesis de Maestría, Centro de Investigación Científica de Yucatán]. Repositorio Institucional CICY.
- Mumoki, F. N., Pirk, C. W. W. y Crewe, R. M. (2025). *Transcriptomic analysis of mandibular gland genes associated with reproductive dominance in Apis mellifera capensis parasitic workers* [Análisis transcriptómico de los genes de la glándula mandibular asociados con la

- dominancia reproductiva en obreras parasíticas de *Apis mellifera capensis*]. *Physiological Entomology*, 50(1), 45–57. <https://doi.org/10.1111/phen.12484>
- Olivares-Carrillo, J., Usabiaga Arroyo, J., Gallardo Nieto, J. L. y Cajero Avelar, S. (2021). Cría de abejas reina: Manual técnico para apicultores. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- Oré, J. C. (2016). *Comparativo de tres tipos de colmenas en la crianza de abejas reinas (Apis mellifera)* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio UNALM. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/15df1241-1d78-46a0-8be1-9326f287b6eb>
- Oré, J. C., Sotelo, A., Martos, A., & Chura, J. (2020). Tres tipos de colmenas relacionado a la crianza y el desarrollo biológico de reinas *Apis mellifera*. *Anales Científicos*, 81(1), 266–277. https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/1636/pdf_269
- Payne, A. N., St. Clair, A. L., Harwood, G. P. y Prayugo, V. (2025). Honey bees (*Apis mellifera*) exhibit seasonal variation in their tolerance to viral infection [Las abejas melíferas (*Apis mellifera*) exhiben variación estacional en su tolerancia a la infección viral]. *bioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2025.07.11.664207>.
- Puma, F. A. (2024). *Determinación del porcentaje de postura de abejas reinas Mama Ocllo (Apis mellifera) mediante el método Doolittle fecundadas en celdas reales y reinas nacidas en rulo en fecundadores de tres marcos en el distrito de La Joya* [Tesis de licenciatura, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio UCSM. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/server/api/core/bitstreams/c7590024-2833-4b3d-ac42-f7060f0d2f9f/content>.

- Quintal, V. G. (2025). *Efecto del acceso limitado al polen sobre la calidad espermática del zángano (Apis mellifera)* [Tesis de maestría, Tecnológico Nacional de México – Campus Conkal]. Repositorio Institucional del TecNM. <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/bitstream/TecNM/9551/1/TESIS%20REPOSITORIO%20VICTOR%20QUINTAL.pdf>
- Ramos-Cuellar, A. K., De la Mora, Á., Contreras-Escareño, F., Morfin, N., Tapia-González, J. M., Macías-Macías, J. O., Petukhova, T., Correa-Benítez, A. y Guzman-Novoa, E. (2024). *Prevalencia e intensidad de varroosis y nosemosis de las abejas melíferas (Apis mellifera) en seis regiones del estado de Jalisco, México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 15(1), 98–114.* <https://doi.org/10.22319/rmcp.v15i1.6434>
- Rehman, N. U., Anjum, S. I., Qureshi, N. A., Khan, M. H., Kamal, A. y Kaleem, M. (2024). El efecto de la edad de las larvas y del injerto húmedo y seco en la cría de abejas reinas utilizando el método de injerto Doolittle. *Entomological Research, 54(4), 1-12.* <https://doi.org/10.1111/1748-5967.12700>
- Rodríguez-Pérez, M. (2022). *Impacto de la edad de la larva y la nutrición en los indicadores de calidad de la reina Apis mellifera.* Revista de Investigaciones Apícolas, 18(2), 55-67.
- Roque, B. (2021). Apis mellifera y miRNAs: modelo natural de longevidad y una perspectiva hologenómica del envejecimiento. *Revista del Centro de Investigación de la Universidad La Salle, 14(56), 113-122.* <http://doi.org/10.26457/recein.v14i56.2860>
- Ruiz-López, M. (2023). El superorganismo apícola: Un análisis desde la teoría general de sistemas. *Revista Iberoamericana de Ciencias Biológicas, 15(3), 88-102.*

- Saavedra, J., y Celi, K., (2024) Validación de metodologías de producción de abejas reinas en el cantón Quinindé. *Reincisol*, 3(6), pp. 6655-6671.
[https://doi.org/10.59282/reincisol.V3\(6\)6655-6671](https://doi.org/10.59282/reincisol.V3(6)6655-6671)
- Sánchez-Morales, N. P., y Ramos-Echeverría, J. (2024). *Evaluación de parámetros morfométricos y reproductivos en la selección de abejas reinas de alta calidad*. Editorial Académica Universitaria.
- Sarda, E. L. (2025). *Competencia reproductiva en el contexto de un superorganismo*. [Tesis de Máster en Ciencias (Investigación) en Ecología y Biodiversidad, Universidad de Waikato]. Research Commons. <https://hdl.handle.net/10289/17419>.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2020). *Abejas y apicultura*. Atlas Nacional de las Abejas y la Apicultura.
<https://atlasnacionaldelasabejasmx.github.io/atlas/cap2.html>.
- Steed, E. J., Painting, C. J., y Mortensen, A. N. (2025). Global variation in honey bee (*Apis mellifera*) mating flight times [Variación global en los períodos de vuelo nupcial de las abejas melíferas (*Apis mellifera*)]. *New Zealand Journal of Zoology*, 52(5), 830–843.
<https://doi.org/10.1080/03014223.2025.2517577>.
- Tapia Guayllas, J. F. (2023). *Crianza artificial de abejas reina Apis mellifera mediante el método Doolittle simplificado* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio Institucional UNL. <https://dspace.unl.edu.ec/items/70e778be-3b29-49fc-9c42-c9a4c6ca2135>.
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). (2015). *Cría de reinas*. Recuperado de https://papimes.fmvz.unam.mx/proyectos/cria_reinas/Cria_Reinas.pdf.

- Valega, O. (2015). *Partenogénesis arrenotoquia y telitoquia en las colmenas*. ApiServices.
https://www.apiservices.biz/documents/articulos-es/partenogenesis_arrenotoquia_y_telitoquia.pdf
- Vargas-Castillo, L. (2023). *Indicadores de calidad en la producción comercial de abejas reinas: Una revisión técnica*. *Revista Latinoamericana de Apicultura*, 12(1), 30-44.
- Vásquez, R. E., Martínez, R. A., Ortega, N. C., y Maldonado, W. D. (2024). *Manual técnico de apicultura: Abeja Apis mellifera*. Corporación Biológica.
<https://corporacionbiologica.info/wp-content/uploads/2024/06/MANUAL-TECNICO-DE-APICULTURA-ABEJA-Apis-mellifera.pdf>
- Yu, L., Shi, X., He, X., Zeng, Z., Yan, W. y Wu, X. (2022). *High-quality queens produce high-quality offspring queens* [Las reinas de alta calidad producen reinas hijas de alta calidad]. *Insects*, 13(5), 486. <https://doi.org/10.3390/insects13050486>
- Yu, L., et al. (2023). Honey bee maternal effects improve worker performance [Los efectos maternos de las abejas melíferas mejoran el rendimiento de las obreras y la capacidad reproductiva de la descendencia]. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 11, 1156923. <https://doi.org/10.3389/fcell.2023.1156923>.
- Zhang, Y., Su, S., & Luo, Q. (2022). Haplodiploidy and male reproduction in honey bees: Genetic and evolutionary implications. *Journal of Apicultural Science*, 66(1), 95–108.
<https://doi.org/10.1016/j.jas.2022.103650>
- Zumkhawala-Cook, A., Gallagher, P., y Raymann, K. (2024). Diet affects reproductive development and microbiota composition in honey bees [La dieta afecta el desarrollo reproductivo y la composición de la microbiota en abejas melíferas]. *Animal Microbiome*, 6(1), 32. <https://doi.org/10.1186/s42523-024-00350-3>

ANEXOS

Anexo 1. Fotografías de la conducción del experimento.

Figura 7.

Vista lateral de, A: Colmena madre, B: Colmena donadora



Figura 8.

Preparación del jarabe de azúcar y mezcla con el promotor L.



Figura 9.

Alimentación de las colmenas madre y colmenas donadora.



Figura 10.

Núcleos criadores formados y transportados a 300 m del apiario de división.



Figura 11.

Preparación de pasta proteica.



Figura 12.

Alimentación con jarabe de azúcar y pastas proteica a los núcleos.



Figura 13.

Base porta copulas y cúpulas de plástico.



Figura 14.

Aguja de traslarve.



Figura 15.

Jaulas de nacimiento de reinas y marco traslarvador.



Figura 16.

Fijación y pegado con cera fundida los porta cúpulas en la barra del marco traslarvador.

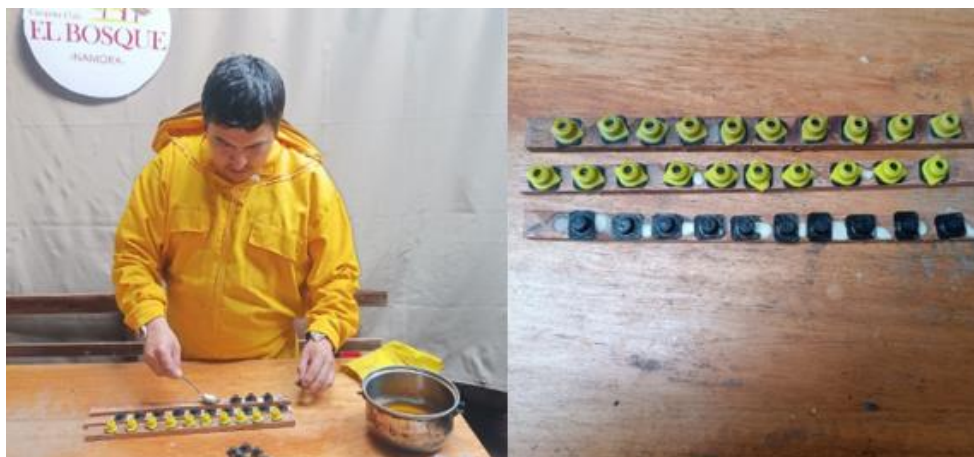


Figura 17.

Colocación de una gota de jalea real diluida en cada cúpula.



Figura 18.

Traslarve.



Figura 19.

Introducción de larvas de un día de nacidas en el interior de las cúpulas.



Figura 20.

Transporte de los marcos traslarvados al apiario El Bosque.



Figura 21.

Introducción de marcos traslarvados en los núcleos criadores.



Figura 22.

Corte del panal en zigzag para el método Miller modificado.



Figura 23.

Introducción del marco con panal cortado en zigzag al núcleo criador para el método Miller modificado.



Figura 24.

Aceptación de larvas a las 48 horas del traslarve – Método Doolittle.



Figura 25.

Aceptación de larvas a las 48 horas del corte en zigzag – Método Miller modificado.



Figura 26.

Celdas reales operculadas a 9 días del traslarve – Método Doolittle.



Figura 27.

Colocación de jaulas nacedoras – Método Doolittle.



Figura 28.

Celda real operculada a días del corte en zigzag – Método Miller modificado.



Figura 29.

Colocación de jaulas nacedoras en el Método Miller modificado.



Figura 30.

Reinas emergidas por el Método Doolittle.



Figura 31.

Reina emergida por el método Miller modificado.

