



Evaluación de copa-celdas artificiales utilizadas en el método doolittle para la reproducción de reinas *Apis mellifera* africanizadas

*Evaluation of artificial cup-cells used in the doolittle method for the reproduction of Africanized *Apis mellifera* queens.*

*Avaliação de células-copo artificiais utilizadas no método doolittle para reprodução de rainhas *Apis mellifera* africanizadas.*

Autor

- ✉ Juan Cristóbal Pauta Labanda^{1*}
- ✉ Landa Molina Erick Ramon¹
- ✉ Navarrete Araujo Lizeth Pamela¹
- ✉ Jonathan Josué Proaño Morales²

¹Departamento de Veterinaria, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador. E-mail: juan.pauta@utm.edu.ec

²Departamento de Matemática y Estadística, Instituto de Ciencias Básicas, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador. E-mail : jonathan.proano@utm.edu.ec

* Autor para correspondencia.

Editor Académico

Fabián Mauricio Gaibor Monar

Citación sugerida: Pauta Labanda, J.C., Erick Ramón, L.M., Lizeth Pamela, N.A., Proaño Morales, J.J. (2024). Evaluación de copa-celdas artificiales utilizadas en el método doolittle para la reproducción de reinas *Apis mellifera* africanizadas. *Revista Bases de la Ciencia*, 9(2), 1-13. DOI: <https://doi.org/10.33936/revbasdelaciencia.v9i2.6265>

Recibido: 06/12/2023
Aceptado: 30/04/2024
Publicado: 01/05/2024

Resumen

El propósito principal de evaluar las copas-celdas artificiales de plástico y cera pura, utilizadas en el método Doolittle para la crianza de reinas *Apis mellifera* africanizadas, a través de variables como el número de copas-celdas aceptadas y operculadas, diámetro y altura de realeras, número de reinas nacidas y el número de reinas fecundadas por tratamiento. Se seleccionó 5 colmenas madres progenitoras de larvas y una colmena incubadora, mediante un solo marco porta copas-celdas con un total de 40 cúpulas traslarvadas distribuidas en 2 listones; 20 de cera y 20 de plástico, en lo que respecta a la alimentación fue basada en concentraciones de jalea real y agua destilada en porciones de 50/50. Los datos fueron procesados el software Altair RapidMiner versión 2024.0.6 para la visualización de los datos y el cálculo de las probabilidades, para el análisis de varianza se utilizó el modelo lineal generalizado, gráfica de matriz de correlación de Pearson y análisis de prueba no paramétrica Kruskal-Wallis con un nivel de significancia del 95%; se obtuvo que en ambos tipos de cúpulas (plástico y cera), presentaron resultados similares en las probabilidades de fecundación y nacimiento además no existió diferencia significativa en cuanto al peso de las reinas nacidas y tamaño de las celdas nuevas. Se concluyó que los materiales utilizados proporcionan resultados equivalentes en el nacimiento de nuevas reinas, sin afectar el diámetro de las copas -celdas ni el peso de las mismas.

Palabras clave: Apicultura; reproducción; colmenas; abejas; celdas artificiales en copa.

Abstract

The primary objective of the evaluation of the artificial cup-cells, comprising plastic and pure wax, utilized in the Doolittle method for the breeding of Africanized *Apis mellifera* queens, is to ascertain their efficacy through the analysis of variables such as the number of accepted and capped cup-cells, the diameter and height of the royal queens. Additionally, the number of queens born and the number of queens fertilized per treatment were recorded. Five larval progenitor mother hives and one incubator hive were selected for the experiment. Each hive was equipped with a single cup-cell holder frame, with a total of 40 translarvated domes distributed on two slats: 20 wax and 20 plastics. The diet consisted of a solution of royal jelly and distilled water in a 50/50 ratio. The data were processed using Altair RapidMiner versión 2024.0.6, for the purposes of data visualization and calculation of probabilities. The analysis of variance was conducted using the generalized linear model, Pearson correlation matrix graph, and Kruskal nonparametric test analysis. The results of the analysis of variance (ANOVA) with a significance level of 95% indicated that there were no significant differences between the two types of domes (plastic and wax) in terms of the probabilities of fertilization and birth. Additionally, there was no significant difference in the weight of the queens born and the size of the royal cells. It was determined that the materials utilized yielded comparable outcomes in queen production, with no discernible impact on cup-cell diameter or weight.

Keywords: Beekeeping; reproduction; hives; bees; artificial cup cells.

Resumo

O objetivo principal foi avaliar as células-copo artificiais feitas de plástico e cera pura, utilizadas no método Doolittle para criação de rainhas de mel *Apis mellifera* africanizadas, através de variáveis como número de células-copo aceitas e tampadas, diâmetro e altura das rainhas reais, número de rainhas nascidas e número de rainhas fecundadas por tratamento. Foram selecionadas 5 colmeias mãe progenitoras larvais e uma colmeia incubadora, utilizando uma única estrutura porta-células com um total de 40 cúpulas translarvadas distribuídas em 2 ripas; 20 cera e 20 plástico, no que diz respeito à dieta, baseava-se em concentrações de geleia real e água destilada em porções 50/50. Os dados foram processados com o software Altair RapidMiner versão 2024.0.6 para visualização dos dados e cálculo de probabilidades. Para a análise de variância foram utilizados o modelo linear generalizado, gráfico da matriz de correlação de Pearson e análise do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis com nível de significância de 95%; Verificou-se que em ambos os tipos de cúpulas (plástica e cera), apresentaram resultados semelhantes nas probabilidades de fecundação e nascimento, não havendo diferença significativa em termos de peso das rainhas nascidas e tamanho das células reais. Concluiu-se que os materiais utilizados proporcionam resultados equivalentes no nascimento de novas rainhas, sem afetar o diâmetro das taças - células ou o seu peso.

Palavras chave: Apicultura; reprodução; urticária; abelhas; células em copo artificiais.





INTRODUCCIÓN.

En Sudamérica, la apicultura es una de las actividades que, de acuerdo con los registros, su productividad comenzaría durante el año 1870 por medio de la llegada de cristianos de nacionalidad francesa, y con ellos la introducción de abejas europeas de origen italiano (*Apis mellifera* lingüística) a la ciudad de Cuenca (Cabrera, 2012). Quienes posteriormente se distribuirían en todo el territorio. Sin embargo, previo a la llegada de abejas italianas, se conoce que indígenas se dedicaban a la crianza de abejas nativas en pequeñas escalas de menor tamaño conocidas como abejas Meliponas o abejas sin aguijón, quienes poco a poco fueron perdiendo territorio debido a la competencia ocasionada por abejas italianas que poseían mayor tamaño (Cabrera, 2018). Existen diversos métodos para reproducción de abejas, sin embargo, el principio de la mayoría es simular las condiciones naturales que incitan a las abejas a criar reinas; el hombre interviene en la selección, supervisión, dirección y determinación del número requerido de reinas. La apicultura en Ecuador y, particularmente, en la provincia de Manabí, desde el número de apicultores y colmenas registrados, el rendimiento promedio de las unidades productivas, los procedimientos y actividades en el desempeño apícola. Para contribuir al desarrollo de esta actividad, se describe una potencial alternativa que se fundamenta en el esfuerzo comunitario de quienes poseen parcelas, a fin de unificar esfuerzos, procedimientos, objetivos y lograr resultados de beneficio común. (Alcívar, 2024). Existen diversos métodos para reproducción de abejas, sin embargo, el principio de la mayoría es simular las condiciones naturales que incitan a las abejas a criar reinas; el hombre interviene en la selección, supervisión, dirección y determinación del número requerido de reinas. El mucílago o pulpa de cacao es una sustancia rica en nutrientes que se obtiene antes de la fermentación del cacao. Tiene buen sabor y puede usarse para hacer miel, añadiendo valor a este líquido que normalmente se desecha, pero que puede ser útil en la industria alimentaria. (Vera Chang, J. F et al. 2023). Es necesario estar conscientes de que, si bien es importante tener reinas en cantidad suficiente para realizar los cambios que se requieren, también es importante que esas reinas transmitan particularidades deseables y se críen bajo condiciones óptimas, que se verán reflejadas en la cantidad y calidad de las características de las obreras hijas de ellas. (Usabiaga et al. 2002).

Por ello la crianza de reinas inducida por métodos artificiales mediante la selección de colmenas con mejores características productivas, comportamiento higiénico, poca enjambrazón y sobre todo baja defensividad, es una de las alternativas de gran importancia para el desarrollo y mantenimiento de la apicultura (Mamani, 2019); siendo así como el objetivo principal de este estudio evaluar las copas-celdas artificiales de plástico o cera pura utilizadas en el método Doolittle para la crianza de reinas *Apis mellifera* africanizadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y descripción del área experimental. La siguiente investigación se realizó en la provincia de Manabí geográficamente ubicada en el centro de la región litoral a 0°25' de latitud norte hasta 1°57' de latitud sur y de 79°24' de longitud oeste a 80°55' de longitud este, con características de clima entre subtropical seco a tropical húmedo y tropical extremadamente húmedo. Se seleccionaron colmenas de los cantones ubicados en: Jipijapa, Santa Ana y Portoviejo. Estos cantones fueron elegidos porque ofrecen condiciones, suficientes, para la efectuar la práctica de la apicultura (Figura.1).



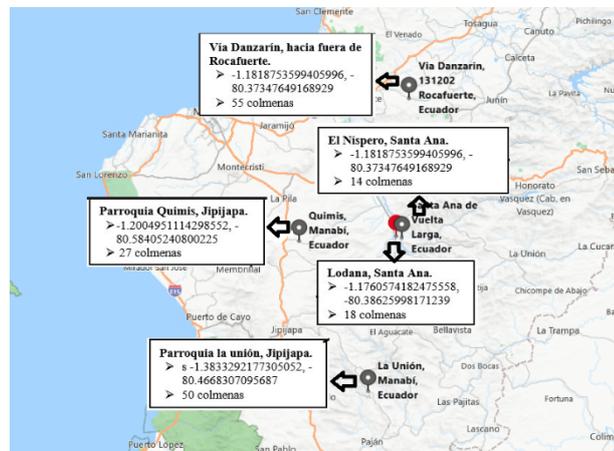


Figura 1. Ubicación de las colmenas en los diferentes cantones.

Fuente: Elaboración propia usando Microsoft Corporation, © 2023 TomTom, Mapas 11.2302.2.0

Diseño experimental. La investigación tuvo una duración de 9 meses: se tomó la muestra de 4 cantones y posteriormente se manipuló a 6 colmenas para obtener 40 copa-celdas seleccionadas de plástico y cera (repeticiones). Además, se les hizo el seguimiento hasta después del nacimiento de las nuevas reinas y se observó si eran fecundadas.

Selección de colmenas madres e incubadora. Fueron las elegidas 6 colmenas para llevar a cabo el desarrollo de la investigación, entre las cuáles, 5 fueron seleccionadas como colmenas madres o progenitoras de 8 larvas, cada una y, una de mayor población como incubadora. No obstante, previo a su elección, dentro del apiario se realizaron revisiones en diferentes colonias con el fin de determinar cuáles tenían mejores características en cuanto al número de población, almacenamiento de miel, polen y postura sobre todo para la elección de la incubadora. Así mismo se tuvo atención el nivel de agresividad durante su manejo y se añadió jarabe como alimento suplementario en cada una de ellas (Imágen 1).



Imágen 1. Colmenas madres seleccionadas.

Preparación de jarabe. Para la preparación del jarabe, se disolvió 1 kg de azúcar en un litro de agua filtrada, creando una densidad aproximada de 1.23g/mL. A esta mezcla se añadieron 5mL de Promotor L (solución compuesta por vitaminas y aminoácidos), y 5 mL de ácido acético (vinagre de manzana), con una densidad de 1.23g/mL. Posteriormente el jarabe fue mezclado homogéneamente y dividido en fundas plásticas cada una con un contenido aproximadamente de 250 mL, asegurando la correcta dosificación de los suplementos en cada porción.



Elaboración de colpas celdas a base de cera natural. En la elaboración de cúpulas de cera, se extrajo directamente los panales la cera natural o pura, elaborada por las mismas abejas. En un bowl de aluminio a baño María la cera se derritió a una temperatura de 64°C. Posteriormente se dio forma de las cúpulas firmes utilizando un molde de madera con medidas estándares: un diámetro de 9 mm y una longitud de 11 mm, en concordancia con las dimensiones de una copa celda plástica.

Preparación de marco/bastidor porta copas-celdas. Se mantuvo un marco sin alambre, de medidas de aproximadamente 48.5 cm de alto, por 25 cm de largo con dos listones de 1.5 cm de ancho por 1 cm de grosor. La distancia entre cúpulas fue de 5 mm, y cada cúpula fue previamente recubierta con cera. Posteriormente se utilizó un cautín eléctrico retirar las copas celdas de cera del primer listón y las de plástico en el segundo, con la intención de reducir el porcentaje de rechazo (Imagen 2).



Imagen 2. Preparación de Marco/bastidor porta copa-celdas.

Orfandad de colmena incubadora. Se regreso dos días después de la elección de las colmenas a manipular. En la colmena seleccionada como incubadora, se localizó y sacrifico a la reina. Seguidamente, se introdujo jarabe suplementario y un marco porta copa – celdas, con el fin de impregnar el olor característico de la colmena en las cupulas durante 72 horas. Este procedimiento busca familiarizar las cupulas con el entorno de la colmena, favoreciendo la aceptación durante el proceso de traslarve. (Imagen 3).



Imagen 3. Localización de reina y orfandad en colmena incubadora.

Recolección de jalea real. Para la obtención de jalea real, se seleccionaron marcos de colmenas diferentes a las elegidas previamente, con el propósito de encontrar varias posturas en fase larvaria que permitieron la extracción de su jalea real, sin utilización de la larva, siendo recolectada en frasco de color ámbar hasta obtener aproximadamente 5 gramos y mantenerla en refrigeración, con la finalidad de preservar sus propiedades (Imágen 4).



Imágen 4. Extracción de jalea real.

Traslarve. El traslarve fue realizado 72 horas más tarde de haber orfanizado la colmena incubadora, se extrajo el marco porta cúpulas y se ubicó con un hisopo 50% de jalea real diluida con 50% de agua destilada en cada una de ellas, para luego extraer de uno en uno los bastidores de cada colmena madre y traslarvar 8 larvas con o menos de 24 horas de postura, con la aguja de traslarve a las cúpulas plásticas y de cera (4 en las de plástico y 4 en las de cera por bastidor extraído) hasta completar los 40 traslarves, la extracción de bastidores en cada colmena madre se lo iba realizando paulatinamente acorde se iban completando los traslarves, con el fin de impedir la deshidratación de las larvas (Imágen 5).



Imágen 5. Preparación y colocación de jalea real para traslarve.

Copas-celdas aceptadas o rechazadas. Para poder observar las copas-celdas aceptadas y rechazadas, 6 días posteriores de haber sido realizado el traslarve, se efectuó la toma de temperatura en la colmena incubadora y se extrajo el marco porta copas-celdas para verificar, registrar el número y tipo de cúpulas que habían sido aceptadas o rechazadas (Imágen 6).



Imágen 6. Copas celdas aceptadas, rechazadas y operculadas.

Enjaulado y registro de copas-celdas operculadas. El proceso de enjaulado fue efectuado al décimo día de haber realizado el traslarve, se preparó con malla mosquitera, a modo de jaulas que permitieron el aislamiento de las copas celdas operculadas para impedir que algunas de las reinas que nacieran primero, mataran a las restantes. Una vez terminadas las jaulas, se procedió a extraer el marco porta copas-celdas de la colmena incubadora, para medir a través de un calibrador pie de rey el diámetro y altura de cada celda real para, finalmente enjaularlas e introducir las nuevamente en la colmena (Imágen 6).



Imágen 7. Preparación y enjaulado de celdas reales operculadas.

Nacimiento y cambio a jaula de transporte. Al décimo segundo día se realizó el traslarve, se retornó al lugar para observar el nacimiento de las nuevas reinas, se colocó en las jaulas de transporte.

Se empezó la extracción del marco porta copas-celdas de la colmena incubadora donde se identificó el número de reinas nacidas, además del número de muertas, y posteriormente se efectuó el cambio a las jaulas de transporte en forma de p, modelo americano JZs BZs (Caja de transporte e introducción de reina) para conservarla con mayor seguridad dentro de la colmena huérfana, durante los tres días hasta el traslado al nuevo apiario. No obstante, cada jaula fue enumerada de acuerdo al número y tipo de copa celda, plástico (p) o cera (c) en la que la reina nació, ejemplo: 2p, 5p, 14c, 15c, etc. (Imágen 8).



Imágen 8. Cambio de reinas a jaulas de transporte.

Transporte de reinas, peso y ubicación en nuevos núcleos de fecundación. El transporte de las reinas hacia los nuevos núcleos se realizó 15 días después de haber nacido las mismas, se extrajeron las jaulas de la colmena incubadora para colocarles un número de 4 nodrizas por reina, y Candy (azúcar impalpable y miel) preparado previamente para su transporte.

Así, una vez ubicados en el nuevo apiario, se procedió a la división de nuevos núcleos con tres marcos correspondientes a cada una, dos marcos de cría operculada y sin opercular y un marco con almacenamiento de miel, para la identificación de cada caja, se enumeraron de acuerdo al número de la jaula de la reina ubicada.

Dos horas más tarde, mediante una balanza digital de joyería con medición en tolas y una jaula específica para todas las reinas, se pesaron una por una y liberaron en sus nuevos núcleos. Se restó el peso de la jaula elegida estando vacía con el peso que arrojaba una vez introducida cada reina (Imágen 9).



Imágen 9. Extracción de reinas para colocación de Candy, nodrizas y transporte.

RESULTADOS

Evaluación de fecundación en reinas nacidas. Al siguiente día de haber sido liberadas las reinas es decir (décimo sexto día), se alimentaron los nuevos núcleos con jarabe elaborado. Se valoró el número de días en que cada reina fue fecundada, se realizaron revisiones periódicas durante siete días. A partir del segundo día de haber sido liberadas (cinco días de nacida), se inspeccionó la presencia de reinas vivas, muertas o enjambradas, pero sobre todo el día de postura (Tabla1).



Análisis de Datos. Los datos fueron procesados por el software Altair RapidMiner versión 2024.0.6 para la visualización de los datos y el cálculo de las probabilidades. Se efectuó estadística descriptiva y la prueba de Chi cuadrado para comprobar si poseía diferencia entre las cúpulas, se realizó la prueba de Shapiro Wilk y de Levene para comprobar si las variables seguían una distribución normal y si hay homogeneidad de Varianzas, se llevó a cabo un análisis de varianza utilizando modelo lineal generalizado (MLG), para determinar la influencia de la altura y diámetros de las celdas reales operculadas sobre el peso final de las reinas nacidas, el modelo fue el siguiente:

$$g(\mathbb{E}(Y)) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 (X_1 X_2) + \epsilon$$

Dónde: Y es la variable respuesta (dependiente), $\mathbb{E}(Y)$ es el valor esperado de Y , es decir, la media condicional de Y dado los factores X_1 y X_2 . $g(\cdot)$ es la función de enlace, que transforma el valor esperado de Y para que sea lineal en los parámetros. β_0 es el intercepto (constante). X_1 y X_2 son los factores o variables independientes. β_1 y β_2 son los coeficientes asociados a los efectos principales de X_1 y X_2 , respectivamente. β_3 es el coeficiente asociado a la interacción entre X_1 y X_2 . ϵ es el término de error, que captura las desviaciones de la variable respuesta respecto a los valores predichos por el modelo.

Tabla 1. Diámetro y altura de realeras operculadas por tratamiento (P) plástico y (C) cera.

Nº de reina/Cúpula	Altura	Diámetros externos D1: punta D2: base	Nº de reina/ cúpula de cera	Altura	Diámetro
plástica					
2p	2.1 cm	D1= 0.7 cm D2= 1 cm	21c	2.1 cm	D1= 0.8 cm D2= 1.1 cm
3p	2.3 cm	D1= 0.8 cm D2= 1 cm	22c	2.3 cm	D1= 0.8 cm D2= 1.2 cm
4p	2.1 cm	D1= 0.8 cm D2= 1 cm	25c	2.1 cm	D1= 0.8 cm D2= 1.2 cm
5p	2.2 cm	D1= 0.8 cm D2= 1 cm	26c	2.3 cm	D1= 0.8 cm D2= 1.2 cm
6p	2.1 cm	D1= 0.7 cm D2= 1 cm	27c	1.9 cm	D1= 0.8 cm D2= 1.1 cm
7p	2.1 cm	D1= 0.8 cm D2= 1 cm	29c	2.1 cm	D1= 0.7 cm D2= 1.2 cm
8p	2.1 cm	D1= 0.8 cm D2= 1 cm	31c	2.2 cm	D1= 0.7 cm D2= 1.1 cm
9p	1.9 cm	D1= 0.9 cm D2= 1 cm	33c	2.2 cm	D1= 0.8 cm D2= 1.2 cm
11p	2.3 cm	D1= 0.8 cm D2= 1 cm	34c	2.4 cm	D1= 0.8 cm D2= 1.2 cm
12p	2.1 cm	D1= 0.7 cm D2= 1 cm	36c	2.2 cm	D1= 0.8 cm D2= 1.2 cm
13p	2.3 cm	D1= 0.7 cm D2= 1 cm			
14p	2.3 cm	D1= 0.7 cm D2= 1 cm			
15p	2.2 cm	D1= 0.8 cm D2= 1cm			
18p	Eliminada por obreras por defectuosa.				



Se analizó la influencia que puede tener el tipo de cúpula utilizada (plástico o cera) en relación al peso de las reinas nacidas, en la cual se aplicó un análisis de prueba no paramétrica Kruskal-Wallis. Se trabajó con un nivel de significancia del 95%, para esto se empleó el software libre Jamovi versión 2.3.

Cálculo de las probabilidades. Para el cálculo de las variables se, clasificó como $x=1$ cuando es éxito y $x=0$ como fracaso, se evaluó las probabilidades finales. Se analizó los datos y se identificó que son ensayos independientes e idénticamente distribuidos, por lo tanto, se asume que siguió una distribución de Bernoulli y se calculó la función de máxima verosimilitud, además, se utilizó al teorema de Naive Bayes para calcular la probabilidad de fecundación en función de las variables de selección. Los resultados se presentan en la (Figura 2), donde se evidencia la relación entre las variables analizadas y la probabilidad de fecundación.

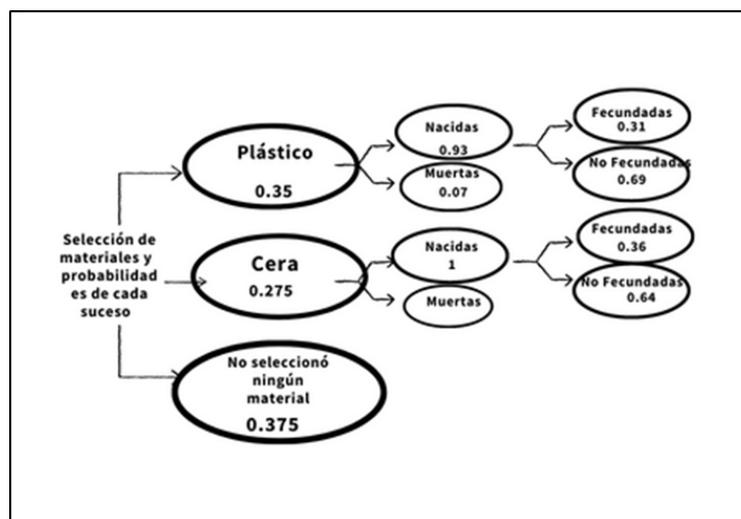


Figura 2. Árbol de probabilidades de cada suceso.

Estadística descriptiva y modelo lineal generalizado. De acuerdo a la altura y diámetros de las celdas reales operculadas mostrados en la (Tabla 2) se indica que en las cúpulas de cera (c) se obtuvo un promedio mayor a las de plásticos (p) con 2.18 cm de alto, mientras que, en el diámetro 1 y diámetro 2 se alcanzó un promedio de 0.78 cm y 1.17 cm respectivamente (Tabla 2). Además, la altura máxima de una celda real operculada se presentó en una cúpula de cera con 2.4 cm de alto y 1.2cm de diámetro 2, aunque en diámetro 1 se obtuvo 0.9 cm como valor máximo correspondiente a una cúpula de plástico. No se obtuvo diferencias significativas entre los tratamientos ($p=0,14$), ni influencia de los factores en el peso de las nacidas ($p=0,28$) ni en las fecundadas ($p=0.56$).

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de datos obtenidos.

Variable	Cúpula	N	Media	Error estándar de la media	Desviación Estándar
Altura (cm)	c	10	2.1800	0.0442	0.1398
	p	13	2.1615	0.0331	0.1193
Diámetro 1 (cm)	c	10	0.7800	0.0133	0.0422
	p	13	0.7692	0.0175	0.0630
Diámetro 2 (cm)	c	10	1.1700	0.0153	0.0483
	p	13	1.0000	0.000000	0.000000
Peso (gramos)	c	10	0.2933	0.0352	0.1113
	p	13	0.2325	0.0242	0.0872



Se analizó la influencia del tipo de cúpula utilizada (plástico o cera) en relación al peso de las reinas nacidas, utilizando la prueba de Kruskal-Wallis obteniendo un p-valor de 0.82, determinando que todas las medianas son iguales, por lo que, se estipula que no existe una influencia significativa entre el tipo de cúpula utilizada con el peso que poseen las reinas al nacer. Qué, en referencia este último, se mostró un promedio de 0.232g en reinas nacidas en cúpulas de plástico y 0.293g de peso promedio en las de cera (tabla 2).

DISCUSIÓN

En cuanto al número de reinas nacidas, como se mostró en la tabla 1, de 23 celdas reales que fueron operculadas 13 nacieron en las cúpulas de plástico (p) y 10 en las cúpulas de cera (c). Sin embargo, posteriormente 5 reinas procedentes de cúpulas de plástico (p) murieron, y 1 procedente de cera.

En base la altura de las celdas reales, se mostró que en las cúpulas de cera (c) se obtiene un promedio mayor de 2.18 cm de alto en comparación al de 2.16 cm obtenido en las de plástico (p), pero con variaciones entre las alturas, poco significativas. Lo que se difiere con los resultados presentados por Dhaliwal *et al.* (2019), quien obtuvo un promedio mayor de 2.39 cm de alto en celdas reales operculadas en cúpulas de plástico y 2.07 cm de alto en las operculadas en cúpulas de cera, marcando una diferencia más significativa entre el tamaño de las realeras. Además, en cuanto a los promedios obtenidos en diámetros sobre todo en el de las bases (diámetro 2), se relaciona con el estudio presentado por Almeida *et al.* (1993) donde muestra que cúpulas con una medida interior de 9 mm proporciona una mejor viabilidad de reinas con buenos pesos. Por lo que, también se determina que independientemente del tipo de cúpulas que se vaya a utilizar (plástico o cera), mientras mantenga las medidas estándares de 9 mm en el interior y varíe por mínimos milímetros en la parte exterior, no tendrá influencia significativa en los pesos finales de las reinas nacidas. Aunque, Vargas (2012) en su estudio de producción de jalea real mediante dos tipos de copas celdas y dos tipos de colmenas, enfatiza que las cúpulas plásticas alcanzan un mejor porcentaje de aceptación por parte de las abejas obreras debido a que el esfuerzo y labrado en la formación de copas-celdas es menor.

En cuestión al peso de las reinas, se observó un promedio de 0.293g nacidas en cúpulas de cera y 0.232g nacidas en plástico; a diferencia de Dhaliwal *et al.* (2019), que obtuvo un promedio de peso mayor en las cúpulas de plástico que en las de cera con una diferencia significativa.

Probabilidades de selección. Como se observa en la figura 1, la probabilidad de que ningún material sea seccionado por las abejas obreras fue del 37,5%, a este porcentaje le sigue el plástico con un 35% y el de cera con un 27,5%, estos valores son diferentes a los resultados obtenidos por Dhaliwal *et al.* (2019), quien obtuvo un porcentaje de nacimiento mayor en las cúpulas plásticas con 67.78% que en las de cera con 50%, así mismo; difieren con los resultados presentado por Fernández (2016), quien en su evaluación de cúpulas artificiales en el nacimiento de abejas reinas observó un 90% de nacimiento mayor en abejas reinas descendientes de cúpulas plásticas que el 80% en las de cera.

Mientras que, la tasa de mortalidad que se obtuvo en las reinas provenientes de ambos tipos de cúpulas, se lo enlaza a los cambios de temperatura y fuertes corrientes de viento que ocurrieron durante la época en la que se desarrolló el estudio, lo que se relaciona con lo mencionado por Message (1979), sobre las variaciones de temperatura que tiene el medio externo en comparación a la cámara de cría, pueden relacionarse a menudo con la desaparición o muerte de algunos estadios jóvenes.

Al aplicar el teorema de Bayes se determinó que la probabilidad de fecundación al seleccionar el material de plástico dado que existe el material de cera o que también está la opción de no seleccionar ningún material fue de 21% y para la de cera fue de 20,8%. Al haber utilizado Chi cuadrado se obtuvo un valor de $p=0,04$; por lo tanto, hay diferencias en la selección de las dos cúpulas, sin embargo, para obtener la fecundación no existe diferencias entre estos materiales con un $p=0,36$. Por lo que, en base al método de traslarve utilizado en ambos tratamientos, concuerda con lo mencionado por Simbaña (2015) quien indica que: de acuerdo a la variable de fecundación, el método Doolittle en comparación a otros métodos de reproducción, exterioriza mejores resultados.

Según Almeida *et al.* (1996) en su estudio sobre la evaluación de cúpulas artificiales de diferentes materiales y colores incluyendo las de plástico y cera para la producción de jalea real, determinaron que en las cúpulas de plástico el 49%

fueron aceptadas, mientras que en las de cera con el 56% fue la de mayor aceptación. Por lo que, en comparación a este estudio, las de plástico alcanzaron un porcentaje mayor correspondiente al 0.35% de aceptación, a modo que las de cera tuvieron un porcentaje similar con el 0.275% de aceptación.

CONCLUSIONES.

Este estudio evaluó el impacto del tipo de cúpula (plástico vs. cera) en la cría de reinas, centrándose en el número de reinas fecundadas, la supervivencia de las celdas operculadas y el peso de las reinas nacidas. Los principales hallazgos son los siguientes:

1. Equilibrio en la fecundación de reinas:

Se observó que el número de reinas fecundadas fue similar en ambos tratamientos (plástico y cera), a pesar de las variaciones en el número total de cúpulas aceptadas y reinas nacidas. Esto sugiere que el tipo de material de la cúpula no influyó significativamente en la tasa de fecundación de las reinas.

2. Diferencias poco significativas en el peso y tamaño de las celdas reales:

Se encontraron diferencias mínimas y no significativas en el peso de las reinas nacidas y en las dimensiones (altura y diámetro) de las celdas reales operculadas entre los tratamientos de cúpulas de plástico y cera. Estos resultados indican que, bajo las condiciones del estudio, las diferencias en el tipo de material de la cúpula no impactaron de manera significativa en las características físicas de las reinas nacidas.

3. Consideraciones para la práctica apícola:

Aunque no se encontraron diferencias significativas en los parámetros estudiados entre los tipos de cúpulas, es importante destacar que mantener estándares consistentes en las dimensiones internas de las cúpulas puede ser crucial para la optimización de la cría de reinas en la apicultura. Esto puede ayudar a los apicultores a seleccionar el tipo de cúpula más adecuado según las condiciones locales y las metas de producción.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo a cada una de las personas: Apícola Arteaga y Apiario de la Facultad de Medicina Veterinaria UTM, que contribuyeron que se lleve a cabo el experimento.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS DE LOS AUTORES

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- Acosta, R. (2022) "Caracterización de la producción de miel de abeja en el departamento de Ñeembucú," *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(1), pp. 2750–2762. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i1.1685
- Alcívar, A. (2020) *Flora predominante y producción de miel de abejas (Apis Mellifera) en tres localidades del cantón Chone*. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Disponible en: <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1306> (Consultado: 2 de mayo de 2023).
- Alcívar-Álava, I. A. (2024). La apicultura y su aporte al desarrollo comunitario en Manabí, Ecuador. *Agroecología Global. Revista Electrónica De Ciencias Del Agro Y Mar*, 6(10), 58–74. <https://doi.org/10.35381/a.g.v6i10.3237>
- Beltrán Ayala, P., & Vásconez Robalino, J. (2020). Análisis de los costos de producción de miel de abeja en Ecuador como insumo en la generación de políticas públicas que estimulen su producción: caso Pichincha. *Uniandes Episteme*, 7, 1326–1340. Recuperado a partir de <https://revista.uniandes.edu.ec/ojs/index.php/EPISTEME/article/view/2335>
- Cabrera, J. (2012). *La apicultura en el Ecuador: Antecedentes históricos*. Laboratorios La Melífera, Quito, Ecuador.
- Cabrera, J. (2018). *La apicultura en el Ecuador: Antecedentes históricos*. Laboratorios La Melífera, Quito, Ecuador.
- Carranza, B., Ortega, C., Ordoñez, V., Bedolla Cedeño, C., Zaragoza, A., & Rivero, N. (2024). *Trascendencia de las abejas*





en la producción de miel y el ecosistema. https://www.researchgate.net/publication/379022397_Trascendencia_de_las_abejas_en_la_produccion_de_miel_y_el_ecosistema

- Chilán, D., Molina-Toala, G., Saltos-Buri, V., & Moran-Zavala, J. (2019). Analisis socio – economico de los productores de miel de abeja en el sitio Quimis, despues del desastre natural 16ª. *Polo Del Conocimiento*, 4(3), 61. <https://doi.org/10.23857/pc.v4i3.917>
- Dhaliwal, NK, Singh, J. y Chhuneja, PK (2019) “Evaluación comparativa de las técnicas de cría masiva de abejas reinas para *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) en la temporada de otoño”, *Revista de estudios de entomología y zoología*, 7(3), págs . 1062–1065. Disponible en: <https://www.entomoljournal.com/archives/?year=2019&vol=7&issue=3&ArticleId=5318>
- Domínguez-Liévano, A., & Damon, A. (2023). Las abejas sociales: organización y comunicación. *Revista Forestal del Perú*, 38(2), 138-141. <https://doi.org/10.21704/rfp.v38i2.2067>
- FAO. (2016). Programa Nacional Sanitario Apícola. Fao.org. <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC166394/>
- FAO. (2022) Protecting pollinators from pesticides – Urgent need for action. FAO. [doi: 10.4060/cc0170en](https://doi.org/10.4060/cc0170en)
- Fernández, V. (2016) Evaluación de la utilización de cúpulas artificiales en el nacimiento de abejas reina (*Apis mellifera*) en la Convención - Cuzco. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cuzco. Available at: <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/1793> Accessed: May 3, 2023).
- Gómez, A. (2014) Producción y análisis financiero de la obtención de jalea real de abejas *Apis mellifera* por el método doolittle abejas *Apis mellifera* por el método doolittle. Universidad de La Salle, Bogotá. Available at: <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1192&context=zootecnia> (Accessed: May 3, 2023).
- Gutiérrez, Boris & Andrés, Giovanni & Vargas Bautista, Giovanni. (2015). GUÍA DE PRODUCCIÓN ARTIFICIAL DE ABEJAS REINAS *Apis mellifera* 2 AUTORES. https://www.researchgate.net/publication/350602846_GUIA_DE_PRODUCCION_ARTIFICIAL_DE_ABEJAS_REINAS_Apis_mellifera_2_AUTORES
- Hernández, C. A., & Castellanos, I. (2020). Efecto del tamaño interno de la colmena en la producción de cría, miel y polen en colonias de *Apis mellifera* en el altiplano central de México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 11(3), 757-770. Epub 05 de febrero de 2021. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i3.5019>
- Jiménez González, A. *et al.* (2021) “Caracterización de la producción apícola en un sistema cooperativo asociado al bosque seco tropical: producción apícola en un sistema cooperativo,” *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*. ISSN 2602-8166, 5(3), pp. 47–60. doi: 10.47230/unesum-ciencias. v5.n3.2021.558.
- Lagos, L. (2019) Evaluación y selección del comportamiento higiénico, defensividad y métodos de cría de reinas (*apis mellifera*) en el pacífico central de Costa Rica. Universidad Estatal de Costa Rica. Available at: <https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/18329> (Accessed: May 3, 2023).
- MAG (2018) Ecuador tiene 1760 apicultores registrados, Gob.ec. Available at: <https://www.agricultura.gob.ec/ecuador-tiene-1760-apicultores-registrados/> (Accessed: May 3, 2023).
- Mamani, R. (2019) Evaluación de la incubación artificial de celdas reales operculadas en el apiario del Centro Agronómico K’ayra. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Available at: <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/5829> (Accessed: May 3, 2023).
- Masaquiza-Moposita, D., Martin, D., Zapata, J., Soldado, G., & Salas, D. (2023). Apicultura ecuatoriana: situación y perspectiva. *Tesla Revista Científica*, 3, e252. <https://doi.org/10.55204/trc.v3i2.e252>

- 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://doi.org/10.21704/ac.v81i1.1636>
- Payró-de la Cruz, E., Argüello-Nájera, O., May-Esquivel, F., Catzim-Rojas, F. J., & Gómez-Leyva, J. F. (2023). Selección de *Apis mellifera* por comportamiento y producción de miel en agroecosistemas de Tabasco, México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 10(3), e3683. Epub 26 de abril de 2024. <https://doi.org/10.19136/era.a10n3.3683>
- Persa, S. (2021). *La danza de las abejas: Diferencias entre la comunicación animal y el lenguaje humano*. https://www.researchgate.net/publication/358040914_La_danza_de_las_abejas_Diferencias_entre_la_comunicacion_animal_y_el_lenguaje_humano
- Simbaña, H. (2015) Evaluación de tres métodos de reproducción de abejas reinas de la especie (*Apis mellifera*) en el cantón Pedro Moncayo. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. Available at: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9837/1/YT00305.pdf> (Accessed: May 3, 2023).
- Tapia-González, J. M., Martínez-Serratos, T., Macías-Macías, J. O., Contreras-Escareño, F., Rivera-Espinoza, M. P., Rodríguez-López, E., & Tapia-Rivera, J. C. (2021). Producción de miel de colonias *Apis mellifera* seleccionadas y su relación con parámetros geográfico-ambientales de Jalisco. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 8(2), e3033. Epub 21 de agosto de 2021. <https://doi.org/10.19136/era.a8n2.3033>
- Valega, O. (2018) Cría de reinas. Available at: <https://noesis.uis.edu.co/server/api/core/bitstreams/a09e4044-3582-4726-bcf2-79c997df4a93/content> (Accessed: May 3, 2023).
- Vera Chang, J. F., Vásquez, L. H., Alvarado Vásquez, K. E., Coello León, E. C., Rivadeneira Barcia, C. S., Intriago Flor, F. G., Dueñas Rivadeneira, A., & Orejuela Hurtado, F. P. (2023). CARACTERIZACIÓN DE LA MIEL OBTENIDA DEL MUCÍLAGO DE TRES GRUPOS GENÉTICOS DE CACAO (*Theobroma cacao* L.). *Revista Bases de La Ciencia*, 8(2), 17–30. <https://doi.org/10.33936/revbasdelaciencia.v8i2.5728>
- Verde, M. (2014) “Apicultura y seguridad alimentaria.” *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48(1), pp. 25–31. Available at: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193030122008>.
- Vivanco, I. M. et al. (2020) “El mercado de la producción de miel de abeja en la provincia del Guayas (Ecuador),” *Revista Espacios*, pp. 318–328. Available at: <https://www.revistaespacios.com/a20v41n29/20412923.html> (Accessed: May 3, 2023).
- Vivas Espinosa, L. (2015) Prevalencia de nosema (*Nosema spp.*) en colmenares de la región norte y centro norte del Ecuador. Universidad Central del Ecuador. Available at: <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/46d54ec2-b912-4e6f-80ac-ac9508add466/content> (Accessed: May 3, 2023).
- Zavala, J. (2018) Análisis socio – económico de los productores de miel de abeja en el sitio Quimis, después del desastre natural 16ª. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Available at: <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1374> (Accessed: May 3, 2023).
- Zawarski, N., Revainera, P., Mitton, G., Giménez-Martínez, P., Brasesco, C., Ramos, F., De Feudis, L., Fuselli, S., Eguaras, M., Lamattina, L., & Maggi, M. (2019). Effect of gibberellic acid on the queen cell production and queen performance in colonies of *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 78(3), 1-10. Recuperado en 17 de septiembre de 2024, de https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0373-56802019000300003&lng=es&tlng=en.

Contribución de autores

Autor	Contribución
Juan Cristóbal Pauta Labanda	Conceptualización, elaboración de manuscrito y revisión del manuscrito.
Lizeth Pamela Navarrete Araujo	Parte experimental, búsqueda bibliográfica.
Erick Ramón Landa Molina	Parte experimental, búsqueda bibliográfica.
Jonathan Josué Proaño Morales	Edición del manuscrito, procesamiento de datos y revisión del manuscrito.

