






Selección de *Apis mellifera* por comportamiento y producción de miel en agroecosistemas de Tabasco, México

Selection of *Apis mellifera* by behavior and honey production in agroecosystems of Tabasco, Mexico

Emeterio Payró-de la Cruz^{1*} ,
Omar Argüello-Nájera² ,
Fernando May-Esquivel³ ,
Francisco Javier Catzim-Rojas¹ ,
Juan Florencio Gómez-Leyva⁴ 

¹Tecnológico Nacional de México campus Zona Olmeca. Ignacio Zaragoza S/N. Villa Ocuilzapotlán. CP. 86250. Centro, Tabasco, México.

²El Colegio de la Frontera Sur -San Cristóbal. San Cristóbal de las Casas. Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n Barrio María Auxiliadora, CP 29290. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México.

³Tecnológico Nacional de México campus Tecnológico Superior de los Ríos. Km 3 Carretera Balancán-Villahermosa. CP. 86930. Balancán, Tabasco, México.

⁴Tecnológico Nacional de México campus Tlajomulco. Km 10 Carretera a San Miguel Cuyutlán. CP. 45640. Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, México.

* Autor de correspondencia:
emeterio.pd@zolmeca.tecnm.mx

Artículo científico

Recibido: 14 de marzo 2023

Aceptado: 05 de noviembre 2023

Como citar: Payró-de la Cruz E, Argüello-Nájera O, May-Esquivel F, Catzim-Rojas FJ, Gómez-Leyva JF (2023) Selección de *Apis mellifera* por comportamiento y producción de miel en agroecosistemas de Tabasco, México. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 10(3): e3683. DOI: 10.19136/era.a10n3.3683

RESUMEN. México ocupa el 10° lugar en exportación de miel, Tabasco se encuentra rezagado en el 25° lugar como productor, la apicultura nacional se realiza principalmente con abejas africanizadas cuyo comportamiento altamente defensivo y la varroosis, son los principales factores que frenan su desarrollo. El objetivo fue seleccionar abejas progenitoras en diferentes agroecosistemas del estado por su producción de miel, docilidad y resistencia a enfermedades. Se evaluaron 165 colonias comerciales localizadas en Comalcalco, Cárdenas y Paraíso Tabasco. Se estableció un índice de selección (IS = 10 puntos): Producción de miel (PM = 5), mansedumbre (M = 2), comportamiento higiénico (CH = 1.5), acicalamiento (AC = 0.5), infestación de varroa en abejas adultas (IVAA = 0.5) e infestación de varroa en cría operculada (IVCO = 0.5). Se encontraron diferencias significativas entre los apiarios, en cuatro de las seis variables evaluadas y alta variación en las colonias dentro de un mismo apiario. Se seleccionaron 19 colonias con los mayores índices, las cuales mostraron niveles bajos de IVAA e IVCO, alto CH (95%) y AC (28%), mansedumbre 4 y alta PM = 45 kg Colonia⁻¹. Se encontró, baja correlación entre M y PM ($r = 0.292$, $p = 0.000$). No se encontró correlación entre PM con el resto de las variables. Por lo anterior, se destaca la importancia de seleccionar las mejores abejas progenitoras, mediante un IS, ponderando la expresión de las características genéticas, asegurando continuidad del proceso en el tiempo.

Palabras clave: Africanización, agroecosistemas, genética, productividad, miel.

ABSTRACT. Mexico occupies 10 th place in honey exports, Tabasco is lagging behind in 25 th place as a producer, national beekeeping is carried out mainly with Africanized bees whose highly defensive behavior and varroosis are the main factors that slow down its development. The objective was to select parent bees in different agroecosystems of the state for their honey production, docility and resistance to diseases. 165 commercial colonies located in Comalcalco, Cárdenas and Paraíso Tabasco were evaluated. A selection index was established (IS = 10 points): Honey production (HP = 5), docility (D = 2), hygienic behavior (HB = 1.5), grooming (G = 0.5), varroa infestation in adult bees (VIAA = 0.5) and varroa infestation in capped brood (VICO = 0.5). Significant differences were found between the apiaries in four of the six variables evaluated and high variation in the colonies within the same apiary. 19 colonies with the highest indices were selected, which showed low levels of VIAA and VICO, high HB (95%) and AC (28%), docility 4 and high HP = 45 kg Colony⁻¹. A low correlation was found between D and HP ($r = 0.292$, $p = 0.000$). No correlation was found between HP and the rest of the variables. Due to the above, the importance of selecting the best parental bees is highlighted, using an IS, weighing the expression of genetic characteristics, ensuring continuity of the process over time.

Key words: Africanization, agroecosystems, genetics, productivity, honey.

INTRODUCCIÓN

Apis mellifera (Hymenoptera: Apidae), es originaria de Europa, África y Medio Oriente, debido a la amplia diversidad de climas y hábitats, existen más de 26 subespecies de *A. mellifera*, las cuales, mediante análisis morfológico y molecular, se han agrupado en cinco principales ramas o linajes evolutivos (Cridland et al. 2017). En 1956, investigadores brasileños introdujeron abejas reinas *Apis mellifera scutellata* y *Apis mellifera adansonii*, desde Sudáfrica y Tanzania hasta São Paulo, Brasil, para desarrollar un programa de mejoramiento genético (Kerr 1967). Un accidente provocó la liberación de colonias africanas puras, que se cruzaron con las abejas europeas locales, dando inicio al proceso de africanización (Nogueira-Neto 1964). Las abejas africanizadas o AHB (siglas en inglés de Africanized Honey Bees), son una combinación genética de las abejas africanas y europeas, se encuentran distribuidas en el continente americano y expresan mayor comportamiento higiénico en comparación con las abejas europeas, lo cual las hace más resistentes a enfermedades (Vandame et al. 2002). Sin embargo, Guzmán-Novoa et al. (2011) reconocen que debido a su naturaleza híbrida es difícil caracterizar con precisión el comportamiento de las abejas africanizadas; además de que son superiores a las abejas europeas en su tendencia a: enjambrar, fugarse, reemplazar reinas, migrar, usurpar colonias, producir zánganos, en su comportamiento defensivo, resistencia a enfermedades y el forrajeo de polen.

En México, la apicultura se realiza con abejas africanizadas y diversas subespecies de europeas (Domínguez-Ayala et al. 2016), con este germoplasma, México ocupa el 10° lugar como país exportador de miel (FAOSTAT 2022). A nivel nacional, el estado de Tabasco, se encuentra en el 25° lugar de producción de miel (SIAP 2022), muy por debajo de los estados de Campeche, Veracruz y Chiapas, con los cuales colinada y comparte similares condiciones de recursos apibotánicos; los cuales ocupan el 4°, 5° y 7° lugar, respectivamente.

Diversos estudios mediante análisis PCR-RFLP del ADN mitocondrial, han revelado los índices

de africanización en enjambres silvestres y colonias comerciales en varios estados del país (Domínguez-Ayala et al. 2016, Silva-Contreras et al. 2019, Contreras-Ramírez et al. 2021, Gómez-Leyva et al. 2022). El carácter más indeseable de las abejas africanizadas es el comportamiento altamente defensivo y aunado a la varroosis, son los principales problemas que enfrenta la apicultura en México; por lo que una alternativa para contrarrestarlos es mediante el mejoramiento genético (Arechavaleta-Velasco et al. 2021). En Tabasco, los genotipos *A. mellifera*, han generado un pool genético mediante cruzamientos naturales sucesivos, del que no se cuenta con suficientes reportes, que permitan valorar su dinámica poblacional y sus efectos en la productividad (Gómez-Leyva et al. 2021). En el trópico húmedo de México las condiciones ambientales (clima, temperatura, humedad, fisiografía) producen un mosaico ecológico de agroecosistemas, desde pastizales cultivados hasta sistemas agroforestales de alta productividad y sustentabilidad, que influyen y favorecen la apicultura en el estado de Tabasco (Baena-Díaz et al. 2022). Al respecto, Payró-García et al. (2021), analizaron la productividad del sector apícola del municipio de Comalcalco, Tabasco para el diseño de una propuesta de mejora, la cual consistió en impulsar programas de selección de abejas adaptadas a las condiciones ambientales locales que favorezcan el mejoramiento genético de abejas reinas. Con base en estos antecedentes, se desarrolló la presente investigación con el objetivo de seleccionar colonias progenitoras por su producción de miel, docilidad y resistencia a enfermedades en diferentes agroecosistemas de Tabasco, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se llevó a cabo de abril a octubre de 2021, en seis apiarios (N = 165 colonias) de la sociedad cooperativa Apicultores Unidos de Comalcalco; la sociedad está integrada por 27 apicultores que manejan 612 colonias en colmenas tipo Langstroth, distribuidas entre los municipios Cárdenas, Comalcalco, Cunduacán y Paraíso, Tabasco,

México. Estos municipios se localizan en la llanura costera del golfo sur, su relieve es planicie con elevaciones menores de 30 msnm, que se inundan regularmente debido a las zonas pantanosas, numerosos cuerpos de agua y mucha precipitación. El clima es cálido húmedo con lluvias abundantes en el verano, sequía en los meses de marzo a abril y presencia de fenómenos meteorológicos de nortes, a finales de año (Ruiz-Álvarez *et al.* 2012). Según el servicio meteorológico nacional a través de la estación 27009 Comalcalco, las normales climatológicas obtenidas entre 1951 y 2010, es de temperatura media anual de 26.3 °C, con máximas mensuales de 34.7 °C. La precipitación anual fue de 1 847.60 mm, en los meses de junio a diciembre donde la temporada de lluvias presenta mayor precipitación (CONAGUA-SMN 2022).

Los apiarios fueron georreferenciados (Tabla 1) con un GPS (Garmin modelo GPSMAP 64s), programado en el sistema de coordenadas UTM. Se determinó el uso de suelo y tipos de vegetación de las zonas de pecoreo de dichas unidades de producción, mediante el archivo vectorial del mapa de coberturas del suelo del estado de Tabasco a año base 2020 - Versión 1.3 (CONAFOR 2022, INEGI 2022a, INEGI 2022b), con las herramientas de geoprocetamiento del software QGIS (QGIS 2022). El área de pecoreo estimada fue de 3 km de radio, que representa una superficie de 2 829.5 ha. Los tipos de vegetación y usos del suelo forman agroecosistemas bien delimitados en cada apiario (Figura 1). El distanciamiento entre apiarios va desde los 9.3 km hasta los 16.9 km, suficiente espacio para evitar traslapes o competencia por los recursos florales en la zona de pecoreo.

Infestación de varroa en abejas adultas (IVAA)

En un frasco de PET (Capacidad 250 mL), conteniendo 100 mL de etanol al 96%, se colectaron de 100 a 200 abejas adultas por colonia, las cuales fueron trasladadas al laboratorio de biotecnología del Tecnológico Nacional de México (TecNM) campus Zona Olmeca, para su conservación en refrigeración hasta su análisis. La IVAA se determinó mediante la prueba propuesta por De Jong *et al.* (1982), consistente en separar los ácaros de las abejas mediante agitación, este procedimiento se realizó

tres veces por muestra. Para determinar IVAA se aplicó la siguiente fórmula:

$$IVAA = \frac{\text{Total de varroas encontradas}}{\text{Total de abejas en la muestra}} \times 100$$

Con base en los valores de IVAA, las colonias se clasificaron en tres categorías de infestación: Bajo (0 - 5%), Moderado (5.1 a 10%) y Alto (Mayor que 10%), de acuerdo con Vandame (2001).

Infestación de varroa en cría operculada (IVCO)

Se eligió un bastidor con cría operculada por colonia, del cual se tomó un fragmento con 100 celdas. Seguidamente se retiró el opérculo, se extrajeron las larvas observándolas a detalle, así como el fondo de las celdillas, para cuantificar el número de celdas infestadas con varroa. De acuerdo con el MAPA (2019), se clasificaron en seis categorías IVCO de 0 a 1% (Muy leve), de 1 a 5% (Leve), de 5 a 8% (Media), de 8 a 10% (Moderada), de 10 a 15% (Grave) y más de 15% (Muy grave). Para determinar IVCO se aplicó la siguiente fórmula:

$$IVCO = \frac{\text{Total de celdas con varroa}}{\text{Total de celdas revisadas}} \times 100$$

Comportamiento higiénico (CH)

De cada cámara de cría, se seleccionó un bastidor con postura compacta y operculada; realizando una punción profunda para matar a la pupa, en el centro de cada una de al menos 100 celdillas, la zona punzada se delimitó y el panal se devolvió a la colonia. A las 24 h, se cuantificaron las pupas que fueron removidas totalmente por las abejas. Para determinar CH, se aplicó la siguiente fórmula:

$$CH = \frac{\text{Número de celdillas limpias} - \text{Número de celdillas no limpias}}{\text{Total de celdas punzadas}} \times 100$$

Con base en los valores de CH, las colonias se clasificaron en tres categorías de acuerdo con Spivak (1996): Mayor que 95% de pupas removidas, alto comportamiento higiénico (ACH), entre 75 a 95% de pupas removidas, moderado comportamiento higiénico (MCH) y menos que 75% de remoción, bajo comportamiento higiénico (BCH).

Tabla 1. Datos generales de localización y descripción de los tipos de vegetación predominante, que forman los agroecosistemas en la zona de pecoreo de los apiarios bajo estudio.

ID apiario	1	2	3	4	5	6
Municipio	Paraíso	Comalcalco	Límites entre Comalcalco y Cunduacán	Límites entre Comalcalco y Paraíso	Comalcalco	Cárdenas
Comunidad	Las Flores	Centro Tular 2da Sección	Ranchería Arena 2da Sección	Ranchería Cocohíte	Occidente 3ª Sección	El Santuario
Coordenadas UTMX	470773	452105	458370	458710	476958	445585
Coordenadas UTM Y	2037380	2027623	2009828	2035741	2022088	2020891
Número de colonias (n)	20	37	30	40	20	18
ID apiario más cercano	4	6	6	2	1	2
Distancia al apiario más cercano (km)	12	9.3	16.9	10.5	16.5	9.3
Tipos de vegetación						
AH (%)	6.4	4.8	5.7	2.9	27.3	3.7
B/S (%)	3.2	4.9	3.8	6.9	4.6	7.7
CA (%)	19.5	22.7	0	12.7	1.2	3
DC (%)	0.6	0	0	2.4	0	0
Mg (%)	32.3	10	0	38.3	0	0
Ps (%)	0.2	18.3	55.8	4.1	42.2	65.2
Pp/TI (%)	0	25.1	0	6.2	0	8.7
Sagrof (%)	8.7	14.2	20	16.8	17.8	7
TA (%)	7.3	0	14.7	5	6.9	4.7
Mar (%)	21.8	0	0	4.6	0	0
Suma Total (%)	100	100	100	100	100	100

AH = asentamientos humanos (rural y urbano); B/S = bosques y selvas; CA = cuerpos de agua; DC = dunas costeras; Mg = manglar; Ps = pastizales; Pp/TI = popal y tular; Sagrof = sistemas agroforestales; TA = tierras agrícolas o agroecosistemas; Mar = mar del golfo de México.

Acicalamiento (AC)

Se empleó el método de la charola, el cual consiste en colocar una pieza de triplay en el piso de la colonia conteniendo una malla metálica para evitar la limpieza por las abejas y una cartulina impregnada con vaselina inolora como adherente. La cartulina de cada charola fue retirada después de 24 horas para cuantificar minuciosamente los ácaros, con ayuda de una lupa. Para determinar AC se aplicó la siguiente fórmula:

$$AC = \frac{\text{Número de varroas lesionadas}}{\text{Total de varroas encontradas}} \times 100$$

Mansedumbre (M)

Se realizó estableciendo una escala de cinco niveles de acuerdo con Argüello-Nájera *et al.* (2014) en el que se estima la característica en cada colmena: Muy mansa (5): esto es cuando al momento de abrir una colmena las abejas permanecen muy tranquilas, respondiendo únicamente con un zumbido suave, se dejan manejar muy bien. Mansa (4): reaccionan con un zumbido fuerte y pasados algunos segundos algunas abejas se limitan a sobrevolar fuera de

la colmena, en general se pueden manipular bien y con poco humo. Regular (3): reaccionan con un zumbido fuerte y constante, algunas abejas salen a volar en forma agresiva y chocan en el velo y en la ropa de protección del apicultor, todavía son manejables, pero se necesita mayor cantidad de humo. Defensiva (2): reaccionan inmediatamente con un zumbido fuerte, las abejas inician el ataque picando, buscando las partes expuestas del apicultor o las zonas oscuras de la ropa, sólo pueden manejarse con una gran cantidad de humo. Muy defensiva (1): casi son intolerables para un apicultor experimentado, estas abejas pueden reaccionar incluso cuando se está revisando una colmena vecina y es difícil controlarlas con suficiente humo, además se dispersan en los alrededores y atacan a personas y animales que se encuentren presentes.

Producción de miel (PM)

Se obtuvo el peso promedio (kg) de 10 bastidores operculados (Peso inicial), los cuales después de ser desoperculados y extraída la miel se pesaron respectivamente (Peso final). La miel obtenida por bastidor se calculó mediante la diferencia de peso

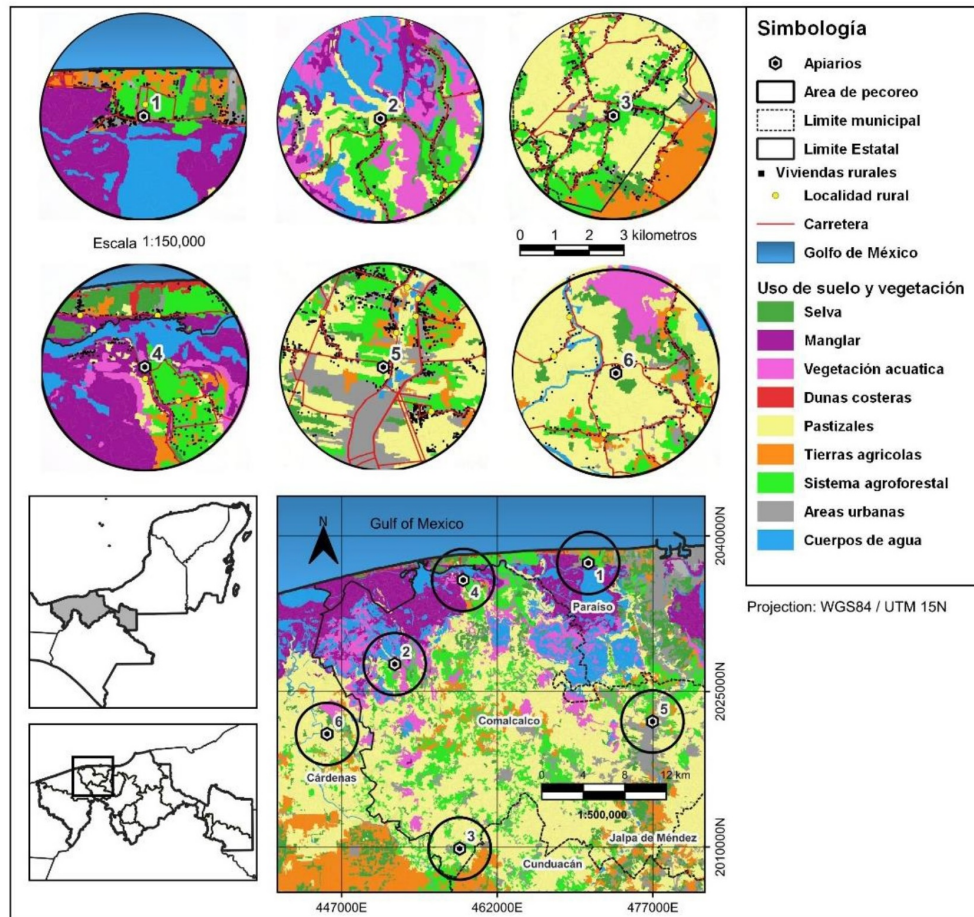


Figura 1. Distribución territorial de los apiarios analizados, delimitando la zona de pecoreo (Radio: 3 km) y describiendo los principales tipos de vegetación.

(Producción de miel por bastidor = $\text{Peso inicial} - \text{Peso final}$), con esta referencia, la PM de cada colonia, se obtuvo cuantificando el número de bastidores de miel cosechados por colonia y multiplicando por el peso promedio de miel de cada bastidor (kg Colonia^{-1}).

Índice de selección (IS)

El índice de selección fue establecido en una escala de 10 puntos, dividido entre las características evaluadas de la siguiente manera: PM = 5 puntos, por ser la característica de mayor importancia para los apicultores. M = 2 puntos y 3 puntos para la resistencia a enfermedades, esto último subdividido en: CH = 1.5 puntos, AC = 0.5 puntos, IVAA = 0.5 puntos y IVCO = 0.5 puntos. Los cuales, ob-

tienen las colonias que muestra los máximos resultados y colonias con resultados inferiores, obtienen la puntuación proporcional que corresponda de acuerdo con la variable en cuestión. Seguidamente las puntuaciones obtenidas en cada variable, se suman, obteniendo una calificación por cada colonia, considerando todas las características simultáneamente, por lo que, para obtener abejas progenitoras para la próxima generación, fueron seleccionadas las colonias con las calificaciones más altas. En la presente investigación, se determinó comparar las colonias en igualdad de condiciones técnicas y agroecológicas generando un IS para cada apiario, evitando el posible efecto de factores externos sobre la manifestación de las características genéticas (Argüello-Nájera et al. 2014).

Análisis estadístico

Se utilizó la prueba Kolmogorov-Smirnov para determinar la normalidad de los datos. Los datos en porcentaje, fueron transformados mediante la ecuación: $\arcsen\sqrt{(\%/100)}$ y los datos en cantidades, fueron transformados, mediante la ecuación: $\ln(x)$ (Quezada-Lucio 2017). Se realizaron análisis de varianza de una vía y comparaciones de medias (Tukey al 95% de confianza) cuando fue necesario, así como correlaciones de Pearson (r) entre las variables, cuya fuerza se interpretó de acuerdo con Hernández *et al.* (2014). Se utilizó tanto software Minitab® Statistical Software versión 21.1.0 (Minitab 2023), como el software estadístico SPSS versión 28.0. En la presente investigación, se graficaron los promedios correspondientes a cada variable.

RESULTADOS

Prueba de normalidad

Los valores de $p < 0.05$, [PM (kg Colonia^{-1}) K-S = 0.273, $p = 0.000$, M (Nivel) K-S = 0.282, $p = 0.000$, IVAA (%) K-S = 0.173, $p = 0.000$; IVCO (%) K-S = 0.078, $p = 0.016$; CH (%) K-S = 0.107, $p = 0.000$; AC (%) K-S = 0.090, $p = 0.002$], por lo que se confirma que los datos de las variables bajo estudio, no siguieron una distribución normal.

Infestación de Varroa en Abejas Adultas (IVAA)

El promedio general de la IVAA fue de $4.73 \pm 2.91\%$, con valor mínimo 0.03% y máximo 18.90%. La Figura 2A, muestra los promedios por apiario, los cuales presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p = 0.002$). El mayor promedio de infestación se encontró en los apiarios 1 (6.76%) y 4 (5.76%). Los apiarios 2 (4.55%), 3 (3.85%), 5 (3.41%) y 6 (3.43%), siendo éstas últimas las colonias más sanas. 112 colonias, las cuales representan el 67.87% expresaron niveles de IVAA menor a 5%, 43 (26.06%) expresaron niveles de IVAA mayores a 5% pero menores a 10%, encontrando 10 colonias (6.06%) con niveles altos de IVAA mayores a 10%. Se encontró débil correlación positiva altamente significativa ($r = 0.312$, $p = 0.000$) de IVAA con IVCO.

Respecto al CH, la correlación es muy débil negativa significativa ($r = -0.199$, $p = 0.010$). La correlación IVAA con M resultó muy débil negativa significativa ($r = -0.177$, $p = 0.023$).

Infestación de Varroa en Cría Operculada (IVCO)

El promedio general de la IVCO fue de $4.12 \pm 2.46\%$, con un valor mínimo 0.00% y máximo 14.72%. La Figura 2A muestra los promedios por apiario, cuyas diferencias son estadísticamente significativas ($p = 0.001$). En general 161 colonias (97.57%) expresaron niveles de IVCO menores que 10%. No se encontraron correlaciones de IVCO con: AC ($r = 0.020$, $p = 0.802$), CH ($r = 0.028$, $p = 0.723$), M ($r = -0.085$, $p = 0.278$) y PM ($r = -0.145$, $p = 0.063$).

Comportamiento higiénico (CH)

El promedio general de CH fue de $89.82 \pm 8.20\%$ (Mínimo 48%; máximo 100%), los valores anteriores, indican heterogeneidad en las colonias (Figura 2B). No se encontraron diferencias significativas entre apiarios ($p = 0.368$); ocho colonias (5%) expresaron BCH menor que 75% de remoción y 132 colonias (80%) expresaron entre 75 y 95% de pupas removidas (MCH) y 25 colonias (16%) el 100% de celdas limpias (ACH). No se encontraron correlaciones de CH con: AC ($r = -0.118$, $p = 0.130$), M ($r = 0.075$, $p = 0.341$) y PM ($r = 0.130$, $p = 0.097$).

Acicalamiento (AC)

El promedio general AC fue de $24.53 \pm 11.67\%$ (Mínimos 4.44%; Máximos 87.50%), lo que demuestra heterogeneidad entre las colonias y explica la desviación estándar encontrada. La Figura 2B, muestra los promedios por apiario, cuyas diferencias fueron estadísticamente significativas ($p = 0.013$). El 72.12% de las colmenas expresó de 0 a 30% de AC; el 26.67% de las colmenas expresó de 31 a 50% de AC y el 1.21% de las colmenas expresó de 51 a 90% de AC. No se encontraron correlaciones de AC con: M ($r = 0.019$, $p = 0.808$) y PM ($r = -0.091$, $p = 0.242$).

Mansedumbre (M)

El promedio general de M fue 3.38 ± 0.73

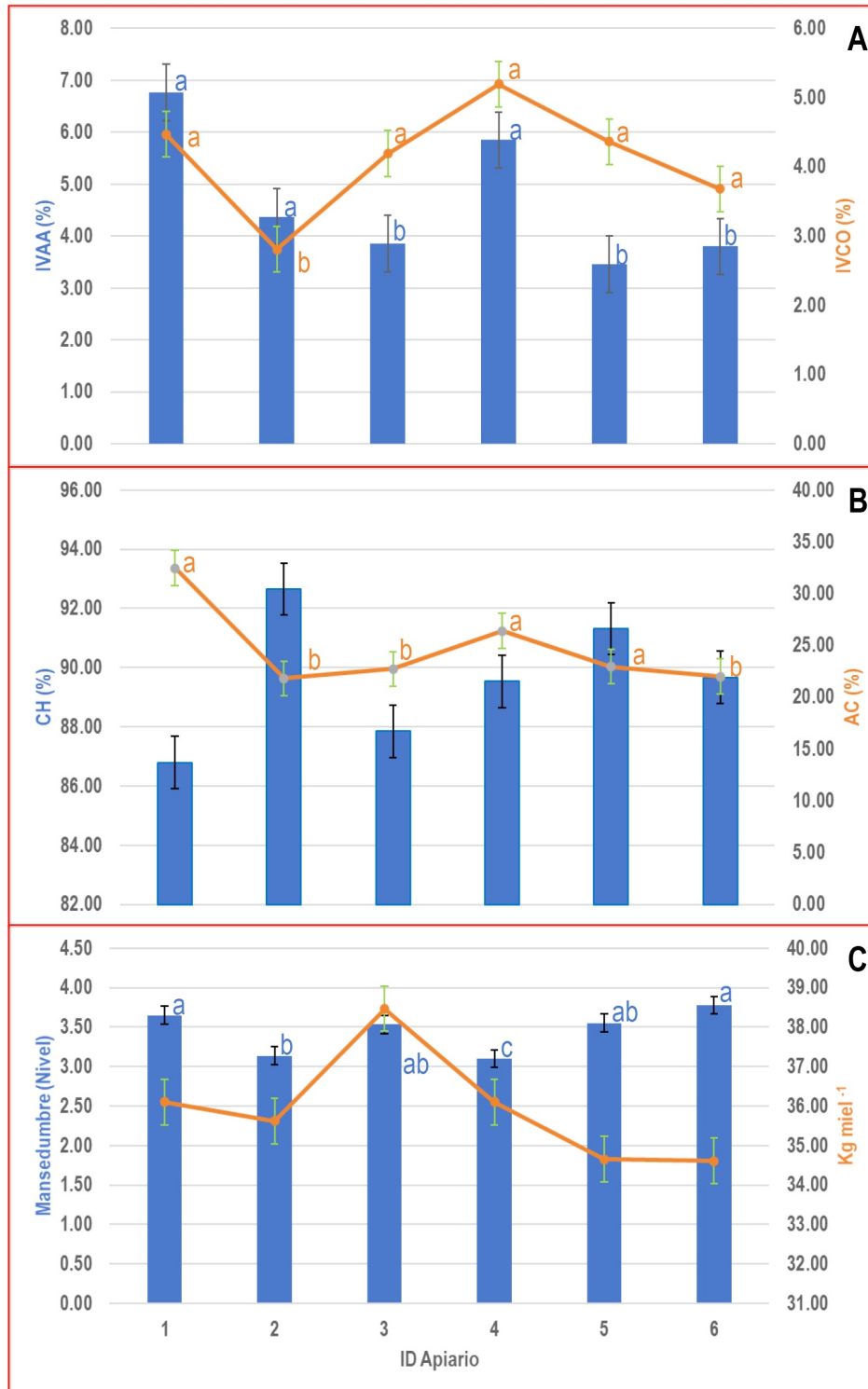


Figura 2. Comportamiento de las variables analizadas en seis apiarios ubicados en diferentes agroecosistemas de Tabasco. Literales diferentes significa, diferencias estadísticas (Tukey: $p < 0.05$).

(Mínimos 2, Máximos 5). En los apiarios 2 y 4, se encontraron colonias con mansedumbre 2, en 4.5 y 4.2% de las colonias respectivamente, por lo que, en promedio, resultaron los apiarios con las abejas más defensivas, sin embargo, corresponde al nivel regular. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p = 0.001$) entre apiarios, destacando los apiarios 1 y 6 con las abejas con mayor mansedumbre en promedio (Figura 2C). La mansedumbre se encontró distribuida en las siguientes proporciones: 49% M = 3 (Regular), 36% M = 4 (Mansas), 9% M = 2 (Defensivas) y 6% M = 5 (Muy mansas). No se encontraron colonias con mansedumbre 1 (Muy defensivas). Se observa pequeña pero significativa diferencia en promedios, no obstante, representan niveles de docilidad de regular a mansas, lo que indica docilidad al manejo (Tabla 2).

Producción de miel (PM)

El promedio general de PM fue de 36.08 ± 5.15 kg Colonia⁻¹, se encontró el valor mínimo (19 kg Colonia⁻¹) en una colonia del apiario 5 y el valor máximo (46 kg Colonia⁻¹) en dos colonias del apiario 4, este amplio rango, implica heterogeneidad en la producción de las colonias dentro un mismo apiario. En la Figura 2C, se puede observar que no hay diferencias entre apiarios ($p = 0.069$). Las colonias menos productivas se encontraron en el apiario 5 (19 kg Colonia⁻¹) y las más productivas en el apiario 4 (46 kg Colonia⁻¹). Estas colonias, expresaron M = 4 y M = 3 respectivamente, lo cual concuerda ya que se encontró que entre estas variables existe una débil correlación positiva altamente significativa ($r = 0.292$, $p = 0.000$).

Índice de selección (IS)

Se seleccionaron tres colonias en cada apiario, cuyos resultados de la sumatoria de los puntos ponderados totales (PPT) fueron los más altos (excepto en el apiario 3, donde fueron seleccionadas cuatro colonias por resultar con igual puntuación final), en un rango de 8.48 a 9.70 (Figura 3). Se pueden observar en la Figura 4, los valores obtenidos en cada colonia seleccionada por apiario, las cuales expresaron en promedio IVAA = 3.11% e IVCO = 3% (Figura 4A).

Con relación al CH y AC, las colonias seleccionadas expresaron en promedio 95 y 28%, respectivamente (Figura 4B). En promedio las colonias son mansas, el 6% expresó M = 3, el 42% expresó M = 4 y el 3% expresó M = 5. En promedio mostraron PM = 45 kg Colonia⁻¹ (Mínimo 38, Máximo 45 kg Colonia⁻¹), el 8% se encuentra en el rango de 38 kg Colonia⁻¹ a 41 kg Colonia⁻¹, y el 1% en el rango de 43 kg Colonia⁻¹ a 45 kg Colonia⁻¹ (Figura 4C).

DISCUSIÓN

Infestación de varroa en abejas adultas (IVAA)

Se encontró la mayor infestación promedio en los apiarios 1 (6.76%) y 4 (5.76%) de acuerdo con Vandame (2001) estos valores corresponden a un nivel de infestación moderado; mientras que los apiarios 2 (4.55%), 3 (3.85%), 5 (3.41%) y 6 (3.43%) tuvieron las colmenas más sanas. Al respecto, Contreras-Ramírez *et al.* (2016), encontraron diferencias significativas en IVAA, en apiarios de tres municipios del estado de Tabasco, sin diferencias significativas, entre abejas africanizadas y abejas carniolas. Mientras que Tapia-González *et al.* (2019), en un estudio realizado en 369 colmenas de abejas *A. mellifera* reportaron 88% de prevalencia promedio y 5.2% de infestación, con diferencias significativas entre municipios ($p < 0.05$), pero no entre zonas climáticas. Destacando que más de la tercera parte de las colmenas rebasaban el 5% de infestación y algunas más del 35%.

Infestación de varroa en cría pperculada (IVCO)

La mayor IVCO promedio se encontró en los apiarios 1 (4.468%), 3 (4.190%), 4 (5.195%) y 5 (4.365%), de acuerdo con el MAPA (2019) corresponden a un nivel de infestación leve, y con niveles de infestación inferiores los apiarios 2 (2.807% y 6 (3.679%). Al respecto, Contreras-Ramírez *et al.* (2016), reportan diferencias significativas en la IVCO, con valores entre 0.7 y 3.8%. Mientras que Contreras-Ramírez *et al.* (2021), reportan diferencias significativas en la IVCO de colonias mitotipo africanizado (10.57 ± 1.05) y mitotipo europeo

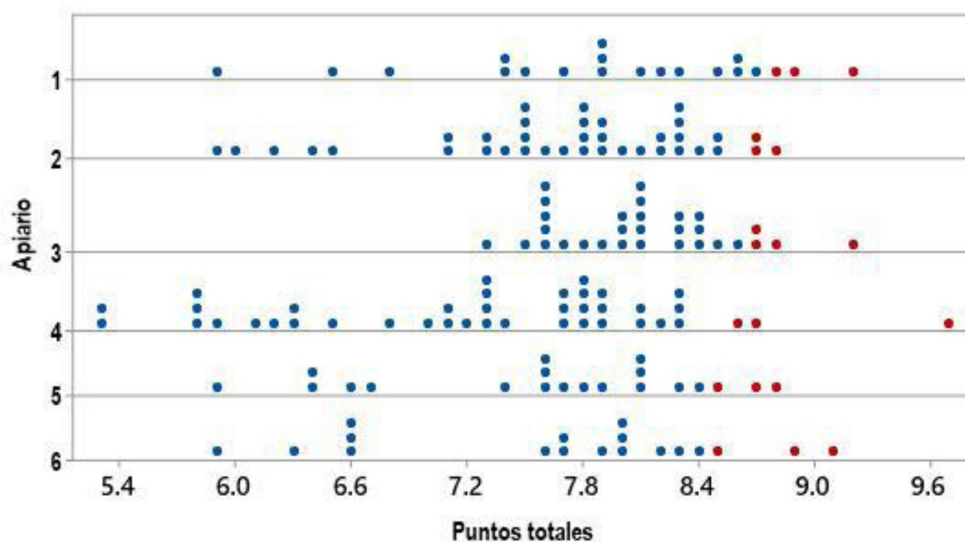


Figura 3. Puntos ponderado totales obtenidos por colonias por apiario. Colonias seleccionadas (●). Colonias no seleccionadas (●).

(7.65 ± 0.68).

Comportamiento higiénico (CH)

El CH promedio general fue de $89.82 \pm 8.20\%$ y estadísticamente igual entre los apiarios ($p = 0.368$). Sobre lo mismo, Shrestha *et al.* (2020) reportan el nivel de asociación de la expresión de CH contra ácaros *V. destructor* y *Tropilaelaps mercedesae*, así como eliminación de la cría infestada por ambos parásitos. Lo cual sugiere que, estos rasgos genéticos están estrechamente relacionados y por lo tanto, el mejoramiento basado en el CH podría preparar a las poblaciones de *A. mellifera* para hacer frente tanto para la resistencia contra *V. destructor* como contra *Tropilaelaps* sp. Mientras que Contreras-Ramírez *et al.* (2021), encontraron apiarios mitotipo africanizado y mitotipo europeo con alto CH (90.9 y 92.1%, respectivamente). Así mismo Tapia-González *et al.* (2021), en la región Montaña y Llano de Jalisco México analizaron 142 colonias, de las cuales el 50% expresaron BCH (Menor que 60%), el 25.3% expresaron ACH (Mayor que 80%) y 11.3% expresaron muy alto (Mayor que 95%). No obstante, encontraron que el CH de las colonias establecidas en regiones más cálidas y menor altitud expresaron mayor CH, en comparación con las establecidas en zonas más frías con mayor altitud. Mientras que Medina-Flores *et al.*

(2022), estudiaron el CH de abejas africanizadas y su impacto en la resistencia contra la cría calcárea (*Ascosphaera apis*), encontrando que las colonias con ACH tuvieron un número significativamente menor que las colonias con bajo CH y hubo una correlación negativa entre el CH y el número de momias ($r = -0.63$, $p = 0.02$), concluyendo que la selección de colonias con ACH podría contribuir a mejorar la salud y productividad de las abejas melíferas. Mientras que Paco *et al.* (2021) reportaron que el 52% de colonias expresó CH = 99.8% (ACH), mientras que el 92.3% de colonias expresó IVAA = 1.69%.

Acicalamiento (AC)

En un estudio realizado por Contreras-Ramírez *et al.* (2016), en Tabasco, México, se encontraron diferencias significativas ($p = 0.02$) entre los municipios Tacotalpa (AC = 39.8%), Centla (AC = 26%) y Huimanguillo (AC = 14.1%), mientras que el AC entre abejas africanizadas (1.16 ± 0.105) y abejas carnio-las (1.65 ± 0.055) no presentaron diferencias significativas ($p = 0.3$). Mientras que Contreras-Ramírez *et al.* (2021), no encontraron diferencias significativas en el AC entre las colonias mitotipo africanizado (42.37 ± 35.8) y mitotipo europeo (45.43 ± 35.6), respectivamente.

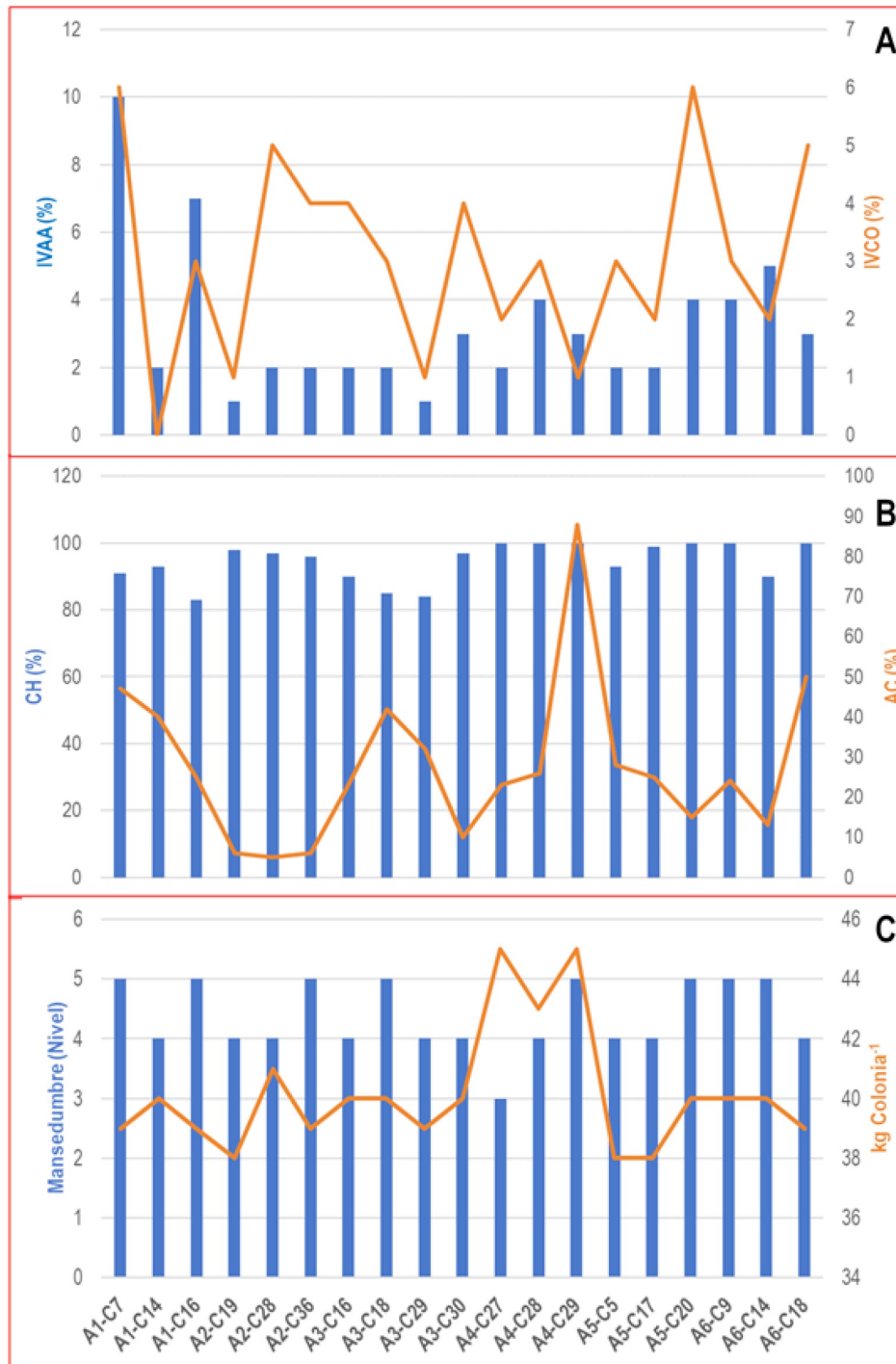


Figura 4. Valores individuales en cada una de las variables analizadas expresados por las colmenas seleccionadas. En el eje X, el número junto a la literal A = ID apiario, el número junto a la literal C = ID colonia.

Tabla 2. Puntos ponderados para cada variable por apiario.

ID	Estadístico	Valores y puntos ponderados											
		M	PPM	CH (%)	PPCH	AC (%)	PPAC	IVAA (%)	PPIVAA	IVCO (%)	PPIVCO	PM (kg Colonia ⁻¹)	PPPM
1	Prom	3.65	1.46	86.79	1.30	32.45	0.16	6.77	0.32	4.47	0.18	36.10	4.51
	Máx	5	2.00	100.00	1.50	53.85	0.27	18.90	0.45	7.05	0.50	40.00	5.00
	Min	3	1.20	72.88	1.09	11.76	0.06	1.82	0.00	0.00	0.00	25.00	3.13
2	Prom	3.4	1.36	94.62	1.42	20.62	0.10	3.58	0.32	3.73	0.26	35.10	4.28
	Máx	5	2.00	100.00	1.50	37.14	0.19	7.41	0.47	6.82	0.46	41.00	5.00
	Min	2	0.80	85.23	1.28	5.00	0.03	0.61	0.13	0.67	0.06	25.00	3.05
3	Prom	3.6	1.44	86.89	1.30	22.08	0.11	3.71	0.24	4.10	0.24	38.60	4.83
	Máx	5	2.00	100.00	1.50	42.00	0.21	7.01	0.41	6.13	0.46	40.00	5.00
	Min	3	1.20	79.12	1.19	7.14	0.04	1.28	0.00	0.61	0.11	37.00	4.63
4	Prom	3.5	1.40	86.11	1.29	28.58	0.14	4.83	0.35	3.85	0.37	39.45	4.29
	Máx	5	2.00	100.00	1.50	87.50	0.44	9.60	0.44	11.86	0.47	46.00	5.00
	Min	3	1.20	48.17	0.72	10.48	0.05	1.83	0.21	1.00	0.10	25.00	2.72
5	Prom	3.55	1.42	91.32	1.37	22.95	0.11	3.46	0.20	4.37	0.18	34.65	4.33
	Máx	5	2.00	100.00	1.50	33.33	0.17	5.84	0.40	6.92	0.38	40.00	5.00
	Min	3	1.20	81.07	1.22	13.79	0.07	1.14	0.00	1.60	0.00	19.00	2.38
6	Prom	3.70	1.49	89.21	1.34	21.57	0.11	3.66	0.20	3.57	0.16	33.79	4.22
	Máx	5	2.00	100.00	1.50	50.00	0.25	6.63	0.38	5.56	0.40	40.00	5.00
	Min	2	1.20	78.79	1.18	7.14	0.04	1.14	0.00	1.07	0.00	19.00	2.38

Numero identificador del apiario (ID), valor promedio (Prom), valor máximo (Max), valor mínimo (Min), mansedumbre (M), puntos ponderados mansedumbre (PPM), comportamiento higiénico (CH), puntos ponderados comportamiento higiénico (PPCH), acicalamiento (AC), puntos ponderados acicalamiento (PPAC), infestación de varroa en abejas adultas (IVAA), puntos ponderados infestación de varroa en abejas adultas (PPIVAA), infestación de varroa en cría operculada (IVCO), puntos ponderados infestación de varroa en cría operculada (PPIVCO), producción de miel (PM), puntos ponderados producción de miel (PPPM).

Mansedumbre (M)

Las colonias con M = 3 a 5, produjeron mayor o igual que 40 kg Colonia⁻¹, mientras que las colonias con M = 2, fueron ligeramente inferiores, lo cual podría explicar la baja correlación positiva significativa encontrada entre estas variables ($r = 0.292$, $p = 0.000$), aunado a ello, no se encontró correlación con CH ($r = 0.075$, $p = 0.341$) ni con AC ($r = 0.019$; $p = 0.808$). De acuerdo con Esquivel *et al.* (2015), el comportamiento defensivo está influenciado por las condiciones ambientales y el manejo, lo cual podría explicar que las diferencias significativas encontradas entre los apiarios, es debida por estar ubicados en diferentes agroecosistemas. Mediante el método de la bandera, Guzmán-Novoa *et al.* (2003), evaluaron el comportamiento defensivo de 283 colonias, ubicadas en las zonas sur y sureste de Jalisco, México, reportando un promedio de 15.75 ± 14.15 agujones por minuto en la zona de montaña y 23.35 ± 22.19 ($T = -3.12$, $p < 0.05$) agujones por minuto en la región valle, de las cuales seleccionaron el 72.79% de colonias con bajo comportamiento defensivo con potencial para utilizarlas como progenitoras en espera de que esta característica pueda ser heredada a las siguientes generaciones. Mientras que Pinto *et al.* (2016) en un estudio realizado

en Brasil, encontraron diferencias significativas entre colonias dentro de un mismo apiario, respecto al comportamiento defensivo, lo cual se atribuye a la alta variabilidad genética presente en las abejas africanizadas. En tanto que Contreras-Ramírez *et al.* (2016) reportaron efecto significativo en la defensividad entre abejas africanizadas y abejas carniolas, mostrando las carniolas mayor mansedumbre (4.4) que las africanizadas (2.6), lo que indica que es posible controlarlas mediante la utilización de suficiente humo (Argüello-Nájera *et al.* 2014).

Producción de miel (PM)

La producción de miel promedio general fue de 36.08 ± 5.15 kg Colonia⁻¹, de acuerdo con SIAP (2022), es superior al promedio estatal 32.58 kg Colonia⁻¹, al promedio nacional 27.83 kg Colonia⁻¹, así como al promedio de los estados colindantes Campeche (28.75 kg Colonia⁻¹), Chiapas (31.21 kg Colonia⁻¹) y Veracruz (32.06 kg Colonia⁻¹); pero es inferior al promedio de Colima (59.08 kg Colonia⁻¹), Jalisco (39.16 kg Colonia⁻¹) y Oaxaca (34.39 kg Colonia⁻¹). La PM de las colonias analizadas, fue mayor a los 25.4 kg Colonia⁻¹ reportados por Zavala *et al.* (2021) en el estado de Aguascalientes, así como a los 27.5 ± 18.9 kg Colonia⁻¹ en otoño

y los 21.6 ± 14.9 kg Colonia⁻¹ en primavera encontrados en el altiplano semiárido de México por Medina-Flores *et al.* (2014). Mientras que Contreras-Ramírez *et al.* (2016), reportan una producción media de 23.58 kg Colonia⁻¹, 48.81 kg Colonia⁻¹ y 72.74 kg Colonia⁻¹, respectivamente; en el estado de Tabasco. Sin embargo, es inferior a los 40.8 ± 6.7 kg Colonia⁻¹, reportados por Tapia-González *et al.* (2021) en abejas seleccionadas en la región montañosa y en la región valles del estado de Jalisco. Al respecto. Las zonas cálidas de México presentan la ventaja de tener temperaturas invernales benignas con floraciones prolongadas que favorecen la actividad apícola, los rendimientos considerados como buenos en estas zonas son de 50 a 75 kg Colonia⁻¹ y rendimientos mayores a los 75 kg Colonia⁻¹ se consideran como producciones óptimas.

Índice de selección (IS)

Las colonias con los mayores índices (entre 8.48 y 9.70), representan una presión de selección del 11.5%. Estos índices indican que las colonias seleccionadas, mostraron niveles de IVAA e IVCO inferiores al límite permisible, de acuerdo con Vandame (2001) y el MAPA (2019), respectivamente. De acuerdo con Spivak (1996) expresaron en promedio, alto CH (95%) y AC (28%), por lo que estos valores en conjunto, demuestran que son resistentes a enfermedades. En general, el índice de selección agrupó a colonias mansas (Nivel 4), con promedio de PM = 45 kg Colonia⁻¹ (Mínimo 38, Máximo 45 kg Colonia⁻¹) de acuerdo con Argüello-Nájera *et al.* (2014). En un estudio realizado en el altiplano ecuatoriano por Masaquiza-Moposita *et al.* (2019), reportaron PM = 25.08 kg Colonia⁻¹ y no encontraron correlación con altitud ($r = -0.015$, $p = 0.897$), defensividad ($r = -0.047$, $p = 0.688$) ni con el diámetro de la celda ($r = 0.146$, $p = 0.211$). Mientras que Medina-Flores *et al.* (2014), no encontraron correlación entre el CH y el número de panales con cría ($r = 0.15$, $n = 57$, $p = 0.47$), ni del CH con el número de panales cubiertos con abejas ($r = 0.16$, $n = 57$, $p = 0.44$). De acuerdo con Medina-Flores *et al.* (2019), cuando existe baja correlación o ninguna de determinadas variables sobre la producción de miel, indica que el

efecto se debe a una gran cantidad de factores que intervienen en la expresión. En la presente investigación, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los apiarios, en cuatro de los seis parámetros estudiados y sus desviaciones estándar muestran la variación existente en las colonias dentro de un mismo apiario, lo cual es atribuible a factores del medio ambiente. Es importante considerar que de acuerdo con Valega (2023) el ambiente, no solo se refiere al lugar geográfico y condiciones climáticas, sino que se incluye el manejo que realiza el apicultor, así como la fortaleza de la colonia. Por lo que Tapia-González *et al.* (2021), consideran que el efecto de enfermedades, plaguicidas y otros factores, pueden ser importantes en la expresión de las características genéticas. Por lo anterior, se destaca la importancia de seleccionar las mejores colonias, mediante un índice de selección, para formar la próxima generación, de abejas progenitoras asegurando la continuidad en el tiempo del proceso de selección.

CONCLUSIONES

Se encontraron diferencias significativas entre apiarios en cuatro de las seis variables analizadas, lo que indica que las condiciones agroecológicas predominantes, juegan un papel importante en la expresión genética, con alta heterogeneidad entre las colonias de un mismo apiario. Se seleccionaron 19 colonias con características sobresalientes en los diferentes agroecosistemas, estas colonias, presentaron un promedio de producción superior a la media nacional, lo que puede ser reflejo de las buenas condiciones ambientales para la apicultura. Estas colonias se podrán reproducir para obtener abejas reinas y zánganos con fines de mejoramiento genético a favor del desarrollo sustentable de la apicultura en Tabasco. El establecimiento de un índice de selección apropiado, es una herramienta para la selección de colonias, con características de mayor interés de manera simultánea.

AGRADECIMIENTOS

Al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento otorgado al proyecto de investigación: Selección de abejas progenitoras (*Apis mellifera*), con base en criterios de comportamiento defensivo, sanitario, reproductivo y producción de miel.

Proyecto: 11362.21-P. A la Sociedad Apicultores Unidos de Comalcalco, por su valiosa colaboración. A la Dirección de Desarrollo Municipal de Comalcalco, Tabasco, por el apoyo en la vinculación con los productores, así como el acompañamiento logístico para realizar el trabajo de campo en cada una de las comunidades.

LITERATURA CITADA

- Argüello-Nájera O, Vandame R, Payró-de la Cruz E (2014) Manual apícola: mejoramiento genético de abejas melíferas por selección. Fundación Produce Chiapas, A.C. El Colegio de la Frontera SUR - Unidad San Cristóbal Grupo: Abejas de Chiapas. San Cristóbal de las Casas, Chiapas. México. 46p.
- Arechavaleta-Velasco ME, García-Figueroa C, Alvarado-Avila LY, Ramírez-Ramírez FJ, Alcalá-Escamilla KI (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: 224-242.
- Baena-Díaz F, Chévez E, Ruiz de la Merced F, Porter-Bolland L (2022). *Apis mellifera* en México: producción de miel, flora melífera y aspectos de polinización. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 13: 525-548.
- CONAGUA-SMN (2022) Normales Climatológicas por Estado. Servicio Meteorológico Nacional, Ciudad de México, México. Comisión Nacional del Agua. <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado>. Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2022.
- CONAFOR (2022) Mapa de coberturas del suelo del estado de tabasco al año base 2020 - Versión 1.3. Sistema satelital de monitoreo forestal. Comisión Nacional Forestal. <https://snmf.cnf.gob.mx/sistema-nacional-de-monitoreo-forestal-2/>. Fecha de consulta: 25 de diciembre de 2022.
- Contreras-Ramírez DN, Pérez-León M, Payró-de la Cruz E, Rodríguez-Ortiz G, Castañeda-Hidalgo E, Gómez-Ugalde RM (2016) Comportamiento defensivo, sanitario y producción de ecotipos de *Apis mellifera* L. en Tabasco, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 7: 1867-1877.
- Contreras-Ramírez DN, Gómez-Leyva JF, Lozano TS, Pérez-León M, Castañeda-Hidalgo E (2021) Efecto de la africanización de *Apis mellifera* en parámetros productivos en el sur de Oaxaca, México. Temas de Ciencia y Tecnología 25: 3-10.
- Cridland JM, Tsutsui ND, Ramírez SR (2017) The complex demographic history and evolutionary origin of the western honey bee, *Apis mellifera*. Genome Biology and Evolution 9: 457-472.
- De Jong D, De Roma A, Goncalves LS (1982) A comparative analysis of shaking solutions for the detection of *Varroa jacobsoni* on adult honey bees. Apidologie 13: 297-306.
- Domínguez-Ayala R, Moo-Valle H, May-Itza W, Medina-Peralta S, Quezada-Euán J (2016) Stock composition of northern neotropical honey bees: mitotype and morphotype diversity in Mexico (Hymenoptera: *Apidae*). Apidologie 47: 642-652.
- Esquivel RS, Macías-Macías JO, Tapia-González JM, Contreras-Escareño F, de León MJ, Silva-Contreras A (2015) Selección de abejas (*Apis mellifera* L) con baja defensividad y su relación con el ambiente en Jalisco, México. Abanico Veterinario 5: 44-50.

- FAOSTAT (2022) Base de datos del mundo sobre estadísticas alimentarias y agrícolas. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/faostat/es/#home>. Fecha de consulta: 25 de noviembre del 2022.
- Gómez-Leyva JF, Argüello NO, Vázquez PJE, Hernández HLU, Payró de la Cruz E (2021) Análisis morfométrico y molecular (ADNmt) de abejas melíferas (*Apis mellifera* L.) en el estado de Tabasco, México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 12: 1188-1207.
- Gómez-Leyva JF, May-Esquivel F, Vázquez-Hernández L, Gallegos-González M, Catzím-Rojas FJ, Payró-de la Cruz E (2022) Diagnóstico de la apicultura, agroecosistemas y africanización de colmenas de *Apis mellifera*, en Comalcalco, Tabasco, México. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 9(1): e3158. DOI: 10.19136/era.a9n1.3158.
- Guzmán-Novoa E, Correa-Benítez A, Guzmán G, Espinosa LG (2011) Colonización, impacto y control de las abejas melíferas africanizadas en México. Veterinaria México 42: 149-178.
- Guzmán-Novoa E, Prieto MD, Uribe RJ, Hunt G (2003) Relatively reliability of four field assays to test defensive behavior of honey bees (*Apis mellifera*). Journal of Apicultural Research 42: 42-46.
- Hernández SR, Fernández CC, Baptista LMP (2014) Metodología de la investigación. 6ta Edición. McGraw-Hill. Interamericana Editores. México. 600p.
- INEGI (2022a) Conjunto de datos vectoriales de información Climatológica, escala: 1:1000000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx/temas/climatologia/#Mapa>. Fecha de consulta: 18 de diciembre de 2022.
- INEGI (2022b) Conjunto de datos vectoriales de información topográfica escala 1:50000 serie III. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx/temas/topografia/>. Fecha de consulta: 18 de diciembre de 2022.
- Kerr WE (1967) The history of the introduction of african bees to Brazil. South African Bee Journal 39: 3-5.
- MAPA (2019) Guía técnica para para la lucha y control de la varroosis y uso responsable de medicamentos veterinarios contra la varroa. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Dirección general de sanidad de la producción agraria subdirección general de sanidad e higiene animal y trazabilidad. Madrid, España. 41p.
- Masaquiza-Moposita DA, Curbelo RLM, Monroy BD, Arenal CA (2019) Relaciones entre producción melífera, defensividad y diámetro de celdas de cría de *Apis mellifera* L; en el altiplano ecuatoriano. Revista de Producción Animal 31: 2-10.
- Medina-Flores CA, Guzmán-Novoa E, Aguilera J, López M, Medina S (2019) Condiciones poblacionales y alimenticias de colmenas de abejas melíferas (*Apis mellifera*) en tres regiones del altiplano semiárido de México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 10: 199-211.
- Medina-Flores CA, Guzmán-Novoa E, Flores AC, Bañuelos HG, Soto AJ (2014) Producción de miel e infestación con *Varroa destructor* de abejas africanizadas (*Apis mellifera*) con alto y bajo comportamiento higiénico. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 5: 157-170.
- Medina-Flores CA, Medina MLA, Guzmán-Novoa E (2022) Efecto del comportamiento higiénico sobre la resistencia a la cría calcárea (*Ascosphaera apis*) en colmenas de abejas africanizadas (*Apis mellifera*). Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 13: 225-239.
- Minitab (2023) Minitab Statistical Software (Version 20.1). Windows. State College, PA: Minitab Inc.

- Nogueira-Neto P (1964) The spread of a fierce african bee in Brazil. *Bee World* 45: 119-121.
- Paco A, Martos A, López V, Chura J (2021) El comportamiento higiénico de *Apis mellifera* en relación con el nivel de infestación de *Varroa destructor*. *Anales Científicos* 82: 219-226.
- Payró-García G, Morejon SJM, Payró-de la CE, Montejo-Zamudio MJ (2021) La productividad en el sector apícola del municipio Comalcalco, Tabasco, para el diseño de una propuesta de mejora. *ECORFAN Journal-Republic of Nicaragua* 7: 28-32.
- Pinto F, Netto P, de Sousa P, Della LT (2016) Repertoire of defensive behavior in africanized honey bees (Hymenoptera: *Apidae*): variations in defensive standard and influence of visual stimuli. *Entomo Brasiliis* 9: 6-9.
- QGIS (2022) Sistema de información geográfica de software libre y de código abierto. <https://www.qgis.org/es/site/>. Fecha de consulta: 1 de noviembre de 2022
- Quezada-Lucio N (2017) Estadística con SPSS 24. Editorial MACRO. 1^a edición. Surquillo Lima, Perú. 448p.
- Ruiz-Álvarez O, Arteaga-Ramírez R, Vázquez-Peña MA, Ontiveros Capurata RE, López-López R (2012) Balance hídrico y clasificación climática del estado de Tabasco, México. *Universidad y Ciencia* 28: 1-14.
- Shrestha M, Wegener J, Gautam I, Singh M, Schwekendiek C, Bienefeld K (2020) Individual level comparisons of honey bee (Hymenoptera: *Apoidea*) hygienic behavior towards brood infested with *Varroa destructor* (Parasitiformes: *Varroidae*) or *Tropilaelaps mercedesae* (Mesostigmata: *Laelapidae*). *Insects* 11: 2-11.
- SIAP (2022) Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria>. Fecha de consulta: 21 de noviembre del 2022
- Silva-Contreras A, Martínez-González J, Cienfuegos-Rivas E, López-Zavala R, Tapia-González J, Parra-Bracamonte G (2019) Africanización de colmenas de *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: *Apidae*), presente en el ADN mitocondrial. *Abanico Veterinario* 9: 1-11.
- Spivak M (1996) Honey bee hygienic behavior and defense against *Varroa jacobsoni*. *Apidologie* 27: 245-260.
- Tapia-González J, Alcazar-Oceguera G, Macías-Macías JO, Contreras-Escareño F, Tapia-Rivera JC, Petukhova T, Guzmán-Novoa E (2019) Varroosis en abejas melíferas en diferentes condiciones ambientales y regionales de Jalisco, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 6: 243-251.
- Tapia-González J, León-Mantecón T, Contreras-Escareño F, Macias-Macias J, Tapia-Rivera J, Guzmán-Novoa E (2021) Influencias climáticas, regionales y cantidad de cría en el comportamiento higiénico de *Apis mellifera*. *Abanico Veterinario* 11: 1-16.
- Valega O (2023) Selección y mejoramiento genético. Apícola don Guillermo. <https://www.apiservices.biz/es/articulos/ordenar-por-popularidad/1192-seleccion-y-mejoramiento-genetico>. Fecha de consulta: 8 de octubre de 2023.
- Vandame R (2001) Control alternativo de *varroa* en apicultura. El Colegio de la Frontera Sur - Proyecto 'Abejas de Chiapas'. Edición 2.2. 29p. <https://www.oocities.org/sitioapicola/organica/remy/remyvandame.html>. Fecha de consulta: 18 de diciembre de 2022.
- Vandame R, Morand S, Colin M, Belzunces LP (2002) Parasitism in the social bee *Apis mellifera*: quantifying costs and benefits of behavioral resistance to *Varroa destructor* mites. *Apidologie* 33: 433-445.
- Zavala EI, Jacobs Z, Vernot B, Shunkov MV, Kozlikin MB, Derevianko AP, Essel E, de Filippo C, Nagel S, Richter J, Romagné F, Schmidt A, Li B, O'Gorman K, Slon V, Kelso J, Pääbo S, Roberts RG, Meyer M (2021) Pleistocene sediment DNA reveals hominin and faunal turnovers at Denisova Cave. *Nature* 595: 399-403.