



CARACTERIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN MORFOLÓGICA DE *Varroa* Y SU DISTRIBUCIÓN ESPACIAL, EN COLMENAS COMERCIALES DEL ESTADO DE TABASCO, MÉXICO †

[CHARACTERIZATION AND MORPHOLOGICAL CLASSIFICATION OF *Varroa* AND ITS SPATIAL DISTRIBUTION, IN COMMERCIAL HIVES OF TABASCO STATE, MEXICO]

Emeterio Payró-de la Cruz¹, Martina Valencia-Domínguez¹,
Blanca Patricia Castellanos-Potenciano² and Rodimiro Ramos-Reyes^{3*}

¹Tecnológico Nacional de México campus Zona Olmeca (ITZO). Zaragoza s/n. C.P. 86250. Villa Ocuilzapotlán, Centro, Tabasco, México. Email: emeterio.pd@zolmeca.tecnm.mx, L19950017@zolmeca.tecnm.mx

²Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Forestales y Pecuarias, campus Huimanguillo (INIFAP). Carretera Federal Huimanguillo-Cárdenas, kilómetro 1. C.P. 86400. Huimanguillo, Tabasco, México. Email: castellanos.blanca@inifap.gob.mx

³El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa (ECOSUR). Carretera a Reforma Km. 15.5 s/n. C.P. 86280. Ranchería Guineo 2da. Sección, Centro, Tabasco, México. Email: *rros@ecosur.mx

*Corresponding author

SUMMARY

Background. *Varroa destructor* is considered the main pest of *Apis mellifera*, its morphological characteristics, prevalence and level of infestation are affected by geographical and ecosystem conditions and the management of the hives. **Objective.** Morphologically characterize and classify *Varroa* populations in *A. mellifera* hives in Tabasco. **Methodology.** Samples of worker bees were obtained from 29 apiaries (108 hives) belonging to the 5 subregions of the state. The location of the apiaries was georeferenced, in UTM coordinates. Subsequently, 501 *Varroa* specimens were extracted using the shaking and washing method, which were placed individually on slides for morphometry and digitization. With the help of a Karl Zeiss stereomicroscope, Mod. Stemi 305 Trino, with integrated digital camera Mod. Axiocam 105 color (40X), the following were measured in millimeters (mm): width of the dorsal shield or body (AED), length of the dorsal shield or body (LED), genital shield width (AEG), genital shield length (LEG), anal shield width (AEA) and anal shield length (LEA). Analysis of variance (ANOVA) and comparisons of means (Tukey; $P < 0.05$; 95% confidence), Pearson correlation analysis (r) and multivariate analysis were performed using cluster analysis. **Results.** The *Varroa* sp populations analyzed in the state of Tabasco are classified as the *V. destructor* species, according to the morphometric criteria established by Anderson and Trueman (2000). Significant differences were found between the subregions in five variables, except AEA ($P = 0.193$), likewise, significant intrasubregion differences were found in four variables, between municipalities of the same subregion (intra subregion) in four morphological variables except LED ($P = 0.229$) and ACA ($P = 0.229$). **Implications.** The identification of morphological variability at the local level can help develop more effective control strategies, adapted to the specific conditions of each region. It is necessary to continue investigating other factors that may influence the morphology of *Varroa*, such as beekeeping practices, host bee genetics, and climatic conditions. **Conclusions.** The cluster analysis indicated that morphological variability between populations is small, and that specimens from different municipalities and subregions can share similar morphometric characteristics, without following a defined spatial pattern.

Key words: Beekeeping; mites; morphometry; varroosis.

RESUMEN

Antecedentes. *Varroa destructor* es considerada la principal plaga de *Apis mellifera*, sus características morfológicas, prevalencia y nivel de infestación, están afectadas por las condiciones geográficas, ecosistémicas y el manejo de las colmenas. **Objetivo.** Caracterizar y clasificar morfológicamente las poblaciones de *Varroa* en colmenas de *A. mellifera* en Tabasco. **Metodología.** Se obtuvieron muestras de abejas obreras de 29 apiarios (108 colmenas) pertenecientes a

† Submitted June 17, 2024 – Accepted July 30, 2024. <http://doi.org/10.56369/tsaes.5690>



Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISSN: 1870-0462.

ORCID = E. Payró-de la Cruz: <http://orcid.org/0000-0001-9970-6561>; M. Valencia-Domínguez: <http://orcid.org/0009-0009-0919-5063>; B.P. Castellanos-Potenciano: <http://orcid.org/0000-0002-7605-4991>; R. Ramos-Reyes: <http://orcid.org/0000-0003-3957-8160>

las 5 subregiones del estado. Se georreferenció la ubicación de los apiarios, en coordenadas UTM. Posteriormente, se extrajeron 501 especímenes de *Varroa*, mediante el método de agitación y lavado, los cuales fueron colocados individualmente en portaobjetos para su morfometría y digitalización. Con ayuda de un estereomicroscopio Marca Karl Zeiss, Mod. Stemi 305 trino, con cámara digital integrada Mod. Axiocam 105 color (40X), se midieron en milímetros (mm): ancho del escudo dorsal o cuerpo (AED), longitud del escudo dorsal o cuerpo (LED), ancho del escudo genital (AEG), longitud del escudo genital (LEG), ancho del escudo anal (AEA) y longitud del escudo anal (LEA). Se realizaron análisis de varianza (ANOVA) y comparaciones de medias (Tukey; $P < 0.05$; 95% de confianza), análisis de correlación de Pearson (r) y análisis multivariado mediante análisis de conglomerado. **Resultados.** Se encontraron diferencias significativas entre las subregiones en cinco variables, excepto AEA ($P=0.193$), así mismo se encontraron diferencias significativas intrasubregión en cuatro variables morfológicas excepto LED ($P=0.229$) y ACA ($P=0.229$). **Implicaciones.** La identificación de variabilidad morfológica a nivel local puede ayudar a desarrollar estrategias de control más efectivas, adaptadas a las condiciones específicas de cada región. Es necesario continuar investigando otros factores que puedan influir en la morfología de *Varroa*, como las prácticas de manejo apícola, la genética de las abejas hospederas y las condiciones climáticas. **Conclusiones.** Las poblaciones de *Varroa* sp analizadas se clasifican como la especie *V. destructor*, según los criterios morfométricos establecidos por Anderson y Trueman (2000). El análisis de conglomerados indicó que la variabilidad morfológica entre poblaciones es pequeña, y que especímenes de diferentes municipios y subregiones pueden compartir características morfométricas similares, sin seguir un patrón espacial definido.

Palabras clave: Ácaros; apicultura; morfometría; varroosis.

INTRODUCCIÓN

Las abejas melíferas (*Apis mellifera* Linnaeus [*Hymenoptera: Apidae*]) posiblemente son los polinizadores más valiosos desde el punto de vista ecológico y económico en el mundo, ya que desempeñan un papel importante en la producción de alimentos y favorecen la biodiversidad a través de la polinización (Warner *et al.*, 2024). Sin embargo, el ácaro ectoparásito *Varroa destructor* (Anderson y Trueman 2000 [*Acari: Varroidae*]) es considerado como la principal plaga macrobiótica de la abeja occidental y la que mayor daño causa a la industria apícola a nivel global (Castellanos-Potenciano *et al.*, 2024, Rinkevich *et al.*, 2023).

Este ácaro se alimenta de la hemolinfa y del cuerpo graso de las abejas melíferas, inhibe su respuesta inmunitaria, acorta su vida útil, transmite el virus de las alas deformadas (DWV) entre otros y reduce la producción de miel de la colonia (Chen *et al.*, 2021, Ramsey *et al.*, 2019, Reyes-Quintana *et al.*, 2019). En México es el parásito detectado con mayor incidencia (83.5% en muestras a nivel nacional), siendo las regiones costeras del país en donde se presenta con mayor frecuencia (>95%) en comparación con las otras regiones apícolas de México (Correa-Benítez *et al.*, 2023).

La variación geográfica y ecosistémica entre diferentes regiones de producción, influye en la presencia y el nivel de infestación de *V. destructor* (Correa-Benítez *et al.*, 2023, Martínez-Puc *et al.*, 2022). Hay reportes de que el nivel de infestación aumenta conforme baja la temperatura y disminuye a medida que se incrementa la humedad relativa (Leza *et al.*, 2016, Giacobino *et al.*, 2016). Sin embargo, otra investigación, sugieren que no hay relación significativa entre las variables climáticas

(temperatura y precipitación pluvial) y la variables geográfica con la prevalencia y grado de infestación de varroosis en colmenas, ya sean colmenas comerciales o silvestres (Giacobino *et al.*, 2016, Tapiá-González *et al.*, 2019), por lo que el nivel de infestación de *V. destructor* en la apicultura estará determinado por el manejo preventivo del acaro (Jung, 2015) y la disponibilidad de los recursos naturales en floración (Leza *et al.*, 2016, Nürnberger *et al.*, 2019) en las diferentes regiones de México.

Considerando la amplia distribución de *V. destructor* en México, este ácaro ha mostrado una considerable plasticidad fenotípica en sus rasgos, mostrando una variación morfológica intraespecífica, como es el tamaño corporal y otros segmentos del cuerpo, ya sea por condiciones climáticas o como respuesta a los métodos de control (Loeza-Concha *et al.*, 2018). Así, varios estudios han informado que en *V. destructor* existe una amplia plasticidad fenotípica dentro de las poblaciones del mismo ácaro (Farjamfar *et al.*, 2018, Maggi *et al.*, 2009), que pudiera estar influenciada tanto por factores ambientales, así como por el manejo que se brinda en las colmenas comerciales, por lo que la misma especie pudiera presentar diferentes morfotipos en una misma población y en diferentes épocas del año (Kelomey *et al.*, 2016, Yevstafieva *et al.*, 2020).

Es así, como el objetivo de esta investigación es la caracterización y clasificación morfológica de *Varroa*, asociado a la distribución espacial del acaro, en colmenas comerciales del estado de Tabasco. Dado que registrar los morfotipos en las zonas con mayor probabilidad de presencia, pudiera ser un enfoque prometedor para mejorar las medidas de control de esta plaga en las abejas melíferas, con el consecuente impacto benéfico a favor de la apicultura en Tabasco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estado de Tabasco se localiza en el sureste de México, dentro de la región del trópico húmedo, entre las coordenadas 17° 15' 00" - 18° 39' 07" N y los 90° 50' 23" - 94° 07' 49" O. Representa el 1.3% de la superficie del país y colinda al norte con el Golfo de México y Campeche; al este con Campeche y la República de Guatemala; al sur con Chiapas; al oeste con Veracruz de Ignacio de la Llave. Presenta los climas cálido húmedo con lluvias todo el año (Af), cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (Am) y cálido subhúmedo con lluvias en verano A(w) (INEGI, 2021). De acuerdo con SMN-CONAGUA (2024), en el año 2023, a nivel estatal la precipitación anual fue de 1820.7mm, con promedios de temperaturas máximas y mínimas de 33.2 y 22.9°C respectivamente. Tabasco posee alta diversidad de ecosistemas y cultivos, reflejando la riqueza natural, agrícola y forestal del estado por lo que su territorio se encuentra ordenado en cinco subregiones fisiogeográficas (Centro, Chontalpa, Pantanos, Ríos y Sierra), como puede observarse en la figura 1, agrupan a los municipios de acuerdo con sus características, las cuales han sido descritas por INEGI, (2021).

Colecta de material biológico

La presente investigación se llevó a cabo durante junio a diciembre de 2023. Se consideraron 29 apiarios (108 colonias) localizados en 12 municipios pertenecientes a las 5 subregiones del estado de Tabasco. Se georreferenciaron las ubicaciones de los apiarios, en coordenadas UTM mediante un dispositivo móvil OPPO Mod. CPH2363 habilitado con la Android App Coordenadas de mi GPS de acceso libre, posteriormente se realizaron geoprosesos con el programa QGIS 3.10 (QGIS, 2021), elaborándose la figura 1, donde se observa la distribución de los apiarios en zonas donde hay conservación de los recursos naturales.

Directamente de la cámara de cría de 108 colonias tomadas al azar, se obtuvieron muestras de aproximadamente 400 abejas obreras adultas colectadas en recipientes plásticos (250ml) conteniendo etanol al 96%, las cuales fueron etiquetadas [Número identificador (ID) de la colonia, municipio y subregión correspondiente] y trasladadas al laboratorio de biotecnología del TecNM *campus* Zona Olmeca (<https://zolmeca.tecnm.mx/>), para su almacenamiento en refrigeración (4°C). Posteriormente, varroas adultas (especímenes) fueron extraídas mediante el método propuesto por De Jong *et al.* (1982). En total se extrajeron 501 especímenes (*N*), registrando la cantidad extraída por colonia (*n*), los

especímenes de cada colonia fueron almacenadas en tubos Eppendorf (2ml) (ID colonia) conteniendo etanol al 96% bajo refrigeración (4°C) hasta su análisis.

Morfometría y digitalización

Especímenes libres de lesiones físicas en su cuerpo, fueron cuidadosamente seleccionados y colocados individualmente en portaobjetos para realizar su morfometría y digitalización empleando el software ZEN de Carl Zeiss, un estereomicroscopio Marca Karl Zeiss, Mod. Stemi 305 trino, con cámara digital integrada Mod. AxioCam 105 color (40X). En cada uno de los 501 especímenes, se midieron (mm), las variables morfométricas: ancho del escudo dorsal o cuerpo (AED), longitud del escudo dorsal o cuerpo (LED), ancho del escudo genital (AEG), longitud del escudo genital (LEG), ancho del escudo anal (AEA) y longitud del escudo anal (LEA), como se observa en la figura 2, se calculó la relación cuantitativa (Relación) entre las siguientes variables: a) Relación I=LED/AED, b) Relación II=LEG/AEG, c) Relación III=LEA/AEA y d) Relación IV=AED/LED, de acuerdo con Fernández y Coineau (2007) citado por Dietemann *et al.* (2013).

Análisis estadístico

Se determinaron los estadísticos descriptivos a nivel estatal, de acuerdo con Hernández *et al.* (2014); seguidamente, para determinar las diferencias morfométricas de *Varroa* (AED, LED, AEA, LEA, AEG y LEG), entre las subregiones y municipios, se realizaron análisis de varianza (ANOVA) de una vía y comparaciones de medias cuando fue requerido (Tukey; $P < 0.05$; 95% de confianza). Esto es biológicamente importante ya que este análisis permite identificar variaciones en las características físicas de *Varroa* entre diferentes grupos o condiciones, lo que puede revelar información crucial sobre la plasticidad morfológica de este parásito y su respuesta a factores como el tratamiento con acaricidas, la especie de abeja hospedadora, o la presión selectiva del entorno. Para determinar las relaciones morfométricas se realizó un análisis de correlación de Pearson (*r*), cuya fuerza se interpretó de acuerdo con Hernández *et al.* (2014). Se realizó análisis multivariado mediante análisis de conglomerados para los atributos de los grupos, usando el software Minitab versión 20.1 (Minitab, 2023).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las medidas morfométricas se concentraron en la Tabla 1, donde se presentan los estadísticos descriptivos a nivel estatal dado que los coeficientes de variación son menores a 30%, de acuerdo con Hernández *et al.* (2014) el conjunto de datos tiene una distribución normal.

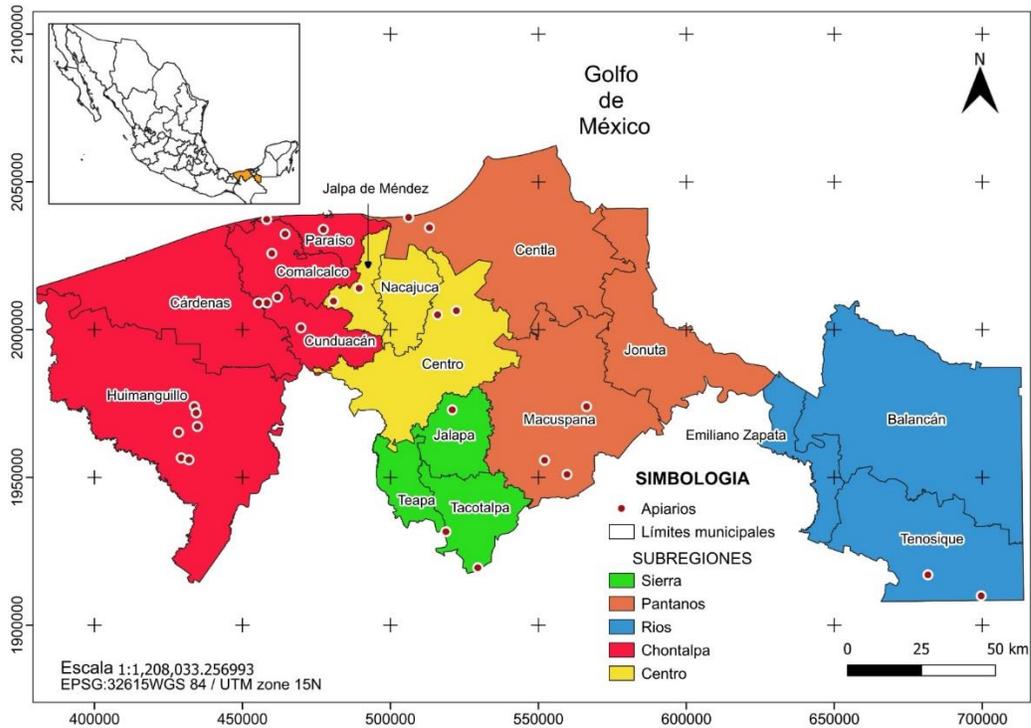


Figura 1. Distribución geográfica de los apiarios muestreados, para la caracterización y clasificación morfológica de *Varroa* en las subregiones de Tabasco, México. Elaboración original de los autores.

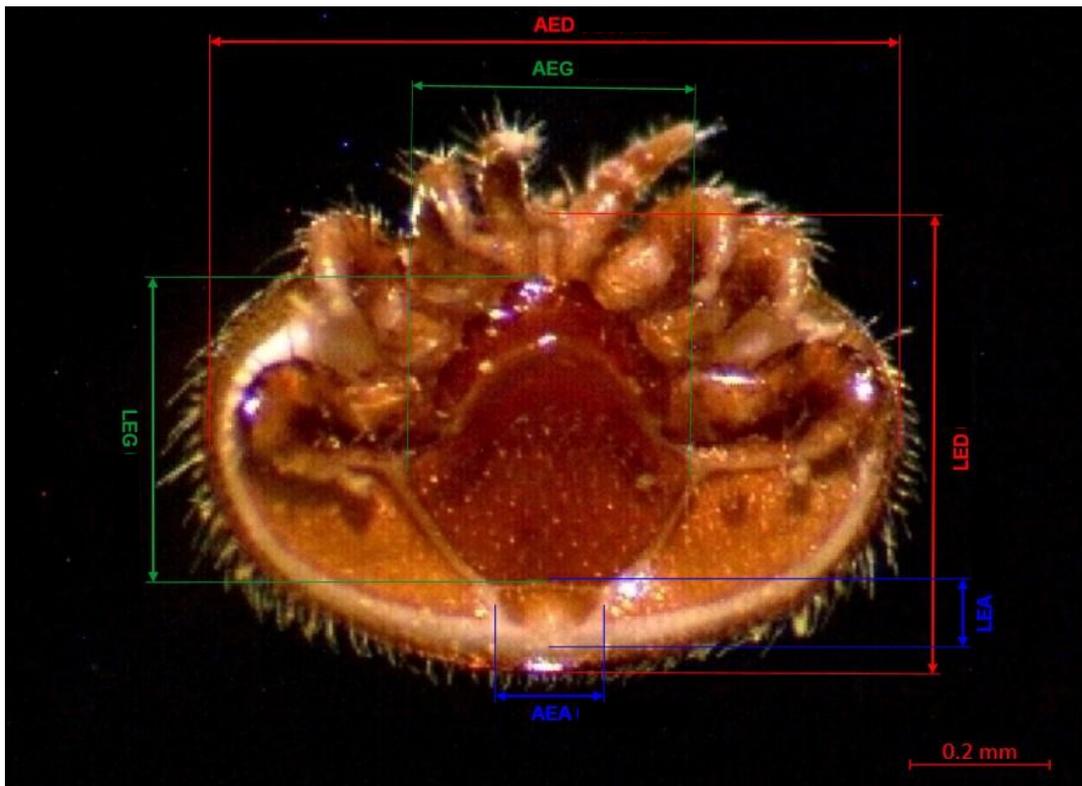


Figura 2. Variables morfológicas de *Varroa* medidas (mm) con el software es ZEN de Carl Zeiss y un estereomicroscopio Marca Karl Zeiss, Mod. Stemi 305 trino, con cámara digital integrada Mod. Axiocam 105 color (Poder de aumento 40X). Ancho del escudo dorsal (AED), longitud del escudo dorsal (LED), ancho del escudo anal (AEA), longitud del escudo anal (LEA), ancho del escudo genital (AEG) y longitud del escudo genital (LEG). Elaboración original de los autores.

Tabla 1. Estadística descriptiva de las variables morfométricas analizadas (mm) de *Varroa*. Ancho del escudo dorsal (AED), longitud del escudo dorsal (LED), ancho del escudo anal (AEA), longitud del escudo anal (LEA), ancho del escudo genital (AEG) y longitud del escudo genital (LEG).

Variable (mm)	M±DE	C.V	Mínimo	Máximo
AED	0.95±0.03	3.10	0.82	1.01
LED	0.66±0.02	2.45	0.55	0.70
AEG	0.41±0.02	5.79	0.33	0.48
LEG	0.44±0.01	3.39	0.34	0.55
AEA	0.15±0.02	14.95	0.11	0.45
LEA	0.09±0.01	11.14	0.06	0.12
Relación I (LED/AED)	0.69±0.02	3.03	0.59	0.77
Relación II (LEG/AEG)	1.08±0.06	5.78	0.81	1.38
Relación III (LEA/AEA)	0.61±0.08	13.63	0.20	0.88
Relación IV (AED/LED)	1.44±0.04	3.06	1.30	1.69

M= Media, DE= Desviación estándar, C.V= Coeficiente de variación

Resultados morfométricos del ácaro *Varroa* por subregiones

En promedio se encontraron diferencias morfológicas muy pequeñas, pero estadísticamente significativas entre las subregiones, en las variables AED ($P=0.000$), LED ($P=0.000$), AEG ($P=0.000$), LEG ($P=0.001$) y LEA ($P=0.000$), excepto en la variable AEA ($P=0.299$). A continuación, se presentan los valores promedio con sus respectivas desviaciones estándar y significancia estadística (Tabla 2). Estos resultados sugieren que existen diferencias significativas en las variaciones morfológicas del ácaro *Varroa* entre las diferentes subregiones estudiadas, encontrando los valores más altos en las subregiones Centro, Pantanos y Sierra.

Resultados morfométricos del ácaro *Varroa* por municipios

Se encontraron diferencias morfológicas estadísticamente significativas entre los municipios analizados para la mayoría de las variables medidas, excepto en el ancho del escudo anal (AEA). El ancho del escudo dorsal (AED) presentó diferencias significativas entre municipios ($P=0.000$). El valor promedio más alto de AED ($0.97±0.03$ mm) se observó en el municipio de Centro, seguido por Comalcalco, Macuspana y Jalapa con valores de $0.96±0.03$ mm. En cuanto a la longitud del escudo dorsal (LED), también se encontraron diferencias significativas entre municipios ($P=0.000$). Los valores promedio más altos de LED ($0.67±0.02$ mm) se registraron en los municipios de Jalpa de Méndez y Jalapa, mientras que el resto de los municipios presentaron valores de 0.66mm, excepto Tenosique y Tacotalpa con $0.65±0.01$ mm (Tabla 3).

Respecto a la variable ancho del escudo genital (AEG), las diferencias entre municipios fueron estadísticamente significativas ($P=0.000$). Los valores

promedio más elevados de AEG ($0.43±0.02$ mm y $0.42±0.02$ mm) se observaron en los municipios de Jalapa y Macuspana, respectivamente. En el caso de la longitud del escudo genital (LEG), también hubo diferencias significativas entre municipios ($P=0.001$). El valor promedio más alto de LEG ($0.45±0.03$ mm) se registró en el municipio de Paraíso, seguido por un grupo de municipios con 0.44mm Tenosique y Tacotalpa con 0.43mm. Por el contrario, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre municipios para el ancho del escudo anal (AEA) ($P=0.299$). El valor promedio más alto de AEA ($0.15±0.01$ mm) se observó en el 75% de los municipios, mientras que el 25% restante presentó un promedio de $0.14±0.01$ mm. Estos resultados evidencian variabilidad morfológica significativa del ácaro *Varroa* entre los municipios estudiados. En la tabla 3, se presentan los valores promedio con sus respectivas desviaciones estándar y significancia estadística para las variables, donde se puede observar que algunos municipios que pertenecen a diferentes subregiones tuvieron valores promedio similares en ciertas variables morfológicas del ácaro.

Los municipios que presentaron las mayores medidas promedio en al menos una de las variables morfológicas evaluadas, son: Centro (AED, AEG, LEG); Comalcalco (AED, AEG, LEG), Macuspana (AED, AEG, LEG); Jalapa (AED, LED, AEG, LEG); Jalpa (LED, LEG) y Paraíso (LEG), indicando que en estas localidades se encuentran los ácaros de mayor tamaño.

Lo anterior, tiene varias implicaciones, ya que estas diferencias morfológicas podrían estar relacionadas con adaptaciones locales de *Varroa* a las condiciones ambientales y de manejo específicas de cada subregión. Los resultados sugieren que la pertenencia a una subregión geográfica específica no es el único factor que determina la morfología de *Varroa*. Deben existir otros elementos, como las condiciones

ambientales locales, las prácticas apícolas, la genética de las abejas hospederas, entre otros, que también influyen en la morfología del parásito, así mismo, indica que puede haber una variabilidad morfológica considerable dentro de una misma subregión, ya que municipios pertenecientes a una misma área presentaron valores promedio diferentes en algunas variables.

Anderson y Trueman (2000) estudiaron las secuencias del gen *mtDNA* Co-I y los caracteres morfológicos de muchas poblaciones de *V. jacobsoni*, de diferentes partes del mundo, e identificaron diferentes genotipos

de *V. jacobsoni*. Dividieron ese taxón en dos especies, *V. jacobsoni* s.s. que infesta a *Apis cerana* en la región de Malasia-Indonesia y *V. destructor* Anderson y Trueman, que ataca a su huésped natural *A. cerana* en Asia continental, así como a *A. mellifera* en todo el mundo. Al separar estas especies demostraron que difieren principalmente en el tamaño del cuerpo (Largo del cuerpo=1167.3±26.8µm; Ancho del cuerpo=1708.9±41.2µm), por lo que encontraron que *V. destructor* es más grande que *V. jacobsoni* y tiene una forma menos esférica.

Tabla 2.- Valores promedio (M) de las variables morfológicas de *Varroa* analizadas (mm) a nivel de subregiones. Ancho del escudo dorsal (AED), longitud del escudo dorsal (LED), ancho del escudo anal (AEA), longitud del escudo anal (LEA), ancho del escudo genital (AEG), longitud del escudo genital (LEG). Literales diferentes en sentido vertical, indican diferencias significativas (Tukey, $P<0.05$).

ID	N	AED M±DE ($P=0.000$)	LED M±DE ($P=0.000$)	AEG M±DE ($P=0.000$)	LEG M±DE ($P=0.001$)	AEA M±DE ($P=0.299$)	LEA M±DE ($P=0.000$)
1	127	0.96±0.03 ^a	0.66±0.03 ^a	0.41±0.03 ^a	0.44±0.01 ^a	0.15±0.01	0.09±0.01 ^a
2	242	0.95±0.03 ^b	0.66±0.02 ^a	0.40±0.02 ^b	0.44±0.02 ^a	0.15±0.03	0.09±0.01 ^b
3	64	0.95±0.03 ^b	0.66±0.02 ^a	0.41±0.02 ^a	0.44±0.01 ^a	0.14±0.01	0.09±0.01 ^a
4	21	0.95±0.02 ^b	0.65±0.01 ^b	0.41±0.02 ^a	0.43±0.01 ^b	0.14±0.01	0.08±0.01 ^b
5	47	0.96±0.03 ^a	0.66±0.02 ^a	0.41±0.03 ^a	0.44±0.02 ^a	0.15±0.01	0.09±0.01 ^a

M=Media, DE=Desviación estándar, ID=Identificador de subregión: 1) Centro, 2) Chontalpa, 3) Pantanos, 4) Ríos, 5) Sierra.

Tabla 3.- Valores promedio (M) de las variables morfológicas de *Varroa* analizadas (mm) a nivel de municipios. Ancho del escudo dorsal (AED), longitud del escudo dorsal (LED), ancho del escudo anal (AEA), longitud del escudo anal (LEA), ancho del escudo genital (AEG), longitud del escudo genital (LEG). Literales diferentes en sentido vertical, indican diferencias significativas (Tukey, $P<0.05$).

ID	Municipio	n	AED M±DE ($P=0.000$)	LED M±DE ($P=0.000$)	AEG M±DE ($P=0.000$)	LEG M±DE ($P=0.001$)	AEA M±DE ($P=0.299$)	LEA M±DE ($P=0.000$)
1	Centro	66	0.97±0.03 ^a	0.66±0.01 ^{bcd}	0.41±0.01 ^{bcd}	0.44±0.00 ^{abcd}	0.15±0.01	0.10±0.01 ^a
	Jalpa	61	0.95±0.03 ^{bc}	0.67±0.01 ^a	0.42±0.03 ^{ab}	0.44±0.01 ^a	0.15±0.01	0.09±0.01 ^{bc}
2	Cárdenas	36	0.94±0.03 ^{bc}	0.66±0.02 ^{abcd}	0.39±0.02 ^{cd}	0.43±0.01 ^{abcd}	0.14±0.01	0.08±0.01 ^{bc}
	Comalcalco	10	0.95±0.03 ^{ab}	0.66±0.02 ^{abcd}	0.41±0.02 ^{abc}	0.44±0.01 ^a	0.15±0.03	0.09±0.01 ^{ab}
3	Cunduacán	15	0.94±0.02 ^{abc}	0.66±0.01 ^{abcd}	0.40±0.02 ^{abcd}	0.44±0.01 ^{abcd}	0.15±0.01	0.09±0.06 ^{abc}
	Huimanguillo	69	0.94±0.03 ^c	0.66±0.015 ^{cd}	0.39±0.02 ^d	0.45±0.01 ^{abcd}	0.15±0.03	0.08±0.09 ^c
4	Paraíso	14	0.94±0.02 ^{abc}	0.66±0.01 ^{abcd}	0.40±0.01 ^{bcd}	0.46±0.03 ^{ab}	0.15±0.01	0.08±0.08 ^{bc}
	Centla	33	0.95±0.03 ^{abc}	0.66±0.01 ^{abcd}	0.41±0.02 ^{abcd}	0.44±0.01 ^{abcd}	0.15±0.01	0.08±0.01 ^{bc}
5	Macuspana	31	0.96±0.03 ^{abc}	0.66±0.02 ^{abcd}	0.42±0.02 ^{ab}	0.44±0.01 ^{abcd}	0.14±0.01	0.08±0.01 ^{bc}
	Tenosique	21	0.95±0.02 ^{abc}	0.65±0.01 ^d	0.41±0.02 ^{abcd}	0.43±0.01 ^{cd}	0.14±0.01	0.08±0.00 ^{bc}
5	Jalapa	24	0.96±0.02 ^{abc}	0.67±0.01 ^{abc}	0.42±0.02 ^a	0.44±0.01 ^{abcd}	0.15±0.01	0.09±0.00 ^{abc}
	Tacotalpa	23	0.95±0.04 ^{abc}	0.65±0.01 ^d	0.40±0.02 ^{bcd}	0.43±0.02 ^{bd}	0.15±0.01	0.09±0.01 ^{abc}

M=Media, DE=Desviación estándar, ID=Identificador de subregión: 1) Centro, 2) Chontalpa, 3) Pantanos, 4) Ríos, 5) Sierra.

Por su parte, Boudaga *et al.* (2003), analizaron especímenes de *Varroa* colectados en siete localidades ubicadas en tres diferentes regiones (Norte, Centro y Sur) de Túnez, África donde reportaron diversidad morfológica entre las poblaciones de las regiones Norte: largo del cuerpo=1204.9±40.10µm; ancho del cuerpo = 1738.5±35.3µm. Centro: largo del cuerpo = 1164.9±38.46 µm; ancho del cuerpo = 1711.2±47.44 µm. Sur: largo del cuerpo = 1197.1±28.31µm; ancho del cuerpo = 1756.9± 39.29 µm; concluyendo que las dimensiones, están más aproximadas a *V. destructor* de acuerdo con Anderson y Trueman (2000). En un estudio realizado Loeza-Concha *et al.* (2018), en el municipio de Tepic, Nayarit, México analizaron 150 especímenes *Varroa*, encontrando que en promedio miden AED=1.69±0.03mm y LED=1.13±0.03 mm, lo cual equivale a una diferencia de AED=0.74 y LED=0.47mm, respectivamente en cada variable, lo que demuestra que, son especímenes de mayor talla que los analizados en la presente investigación. De igual forma encontraron diferencias significativas entre los apiarios en las variables AEG ($P=0.013$), LEG ($P=0.002$) y AEA ($P=0.026$) así mismo, reportan alta diversidad morfológica ya que identificaron ocho morfotipos de *V. destructor* en la zona de estudio.

Análisis de las relaciones morfométricas del ácaro *Varroa* por subregión

La tabla 4 presenta los valores promedio de cuatro relaciones morfométricas del ácaro *Varroa* en diferentes subregiones, así como los resultados de las pruebas estadísticas para determinar si existen diferencias significativas entre las subregiones para cada relación. Se encontraron diferencias significativas entre las subregiones en Relación I ($P=0.010$), Relación II ($P=0.000$) y Relación IV ($P=0.011$), excepto en Relación III ($P=0.070$), destacando la subregión Chontalpa, con los mayores valores en Relación I=0.70±0.02^a y Relación II=1.09±0.07^a; no

obstante, en la subregión Centro se encontró el mayor promedio en Relación III=0.62±0.07 y en la subregión Ríos el mayor Relación IV=1.46±0.04^a. La ausencia de diferencias significativas entre subregiones para la Relación III (LEA/AEA) implica que esta relación entre las dimensiones del escudo anal es más estable y menos variable geográficamente en comparación con las otras relaciones analizadas.

Las diferencias más marcadas se observaron en las Relaciones I y II, que involucran las dimensiones de los escudos dorsal y genital. Esto sugiere que estas estructuras morfológicas podrían ser más sensibles a las condiciones ambientales y estar sujetas a una mayor plasticidad fenotípica en el ácaro *Varroa*. En general, estos resultados resaltan la importancia de considerar la variabilidad morfológica de *Varroa* a escala regional y local, ya que las diferencias encontradas entre subregiones podrían tener implicaciones en aspectos como la biología, ecología y control de este parásito de las abejas melíferas.

En el presente estudio se encontraron valores en Relación IV ($P=0.011$), en un rango promedio de 1.44±0.04^b hasta 1.46±0.04^a lo cual de acuerdo con Fernández y Coineau (2007) citado por Dietemann *et al.* (2013), indica que las poblaciones analizadas en la presente investigación se clasifican como *V. destructor* y no se encontró ninguna muestra con características de *V. jacobsoni*. Rehman *et al.* (2018), recolectaron especímenes de *Varroa* en colmenas de *A. mellifera* ubicadas en cuatro diferentes zonas (Peshawar, Mardan, Kohat y Chitral) de Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan, sus resultados mostraron que los especímenes de Peshawar y Chitral fueron mayores (1.6µm) que los de Mardan y Kohat (1.5µm), concluyendo que *V. destructor* es la principal plaga de las colonias de *A. mellifera*, en diferentes regiones de Khyber Pakhtunkhwa estudiadas dado que no fue registrado ningún ejemplar de *V. jacobsoni*.

Tabla 4.- Valores promedio (M) de la Relación por subregión. Relación I=LED/AED, Relación II=LEG/AEG, Relación III=LEA/AEA y Relación IV=AED/LED. ID Subregión: 1=Centro, 2=Chontalpa, 3=Pantanos, 4=Ríos y 5=Sierra. Literales diferentes en sentido vertical, indican diferencias significativas (Tukey, $P<0.05$).

ID	<i>n</i>	Relación I M±DE ($P=0.010$)	Relación II M±DE ($P=0.000$)	Relación III M±DE ($P=0.070$)	Relación IV M±DE ($P=0.011$)
1	127	0.69±0.02 ^b	1.08±0.06 ^{ab}	0.62±0.07	1.45±0.04 ^{ab}
2	242	0.70±0.02 ^{ab}	1.09±0.07 ^a	0.60±0.09	1.44±0.04 ^b
3	64	0.69±0.02 ^{ab}	1.07±0.05 ^b	0.61±0.09	1.45±0.05 ^{ab}
4	21	0.69±0.02 ^{ab}	1.06±0.05 ^{ab}	0.60±0.07	1.46±0.04 ^a
5	47	0.69±0.02 ^{ab}	1.06±0.05 ^b	0.60±0.07	1.45±0.04 ^{ab}

M=Media, DE=Desviación estándar, ID=Identificador de subregión: 1) Centro, 2) Chontalpa, 3) Pantanos, 4) Ríos, 5) Sierra.

El análisis de correlaciones momento producto de Pearson (r) entre cada par de variables ($N=501$), mostró correlaciones significativas ($P<0.05$) positivas de muy débiles a moderadas en el 67% de las combinaciones, con valores $r=0.14$ hasta $r=0.56$, siendo la correlación moderada positiva y significativa con AED-LED ($r=0.43$; $P=0.00$) y débil con AEG-LEG ($r=0.33$; $P=0.00$), sin embargo, no se encontró correlación entre AEA-LEA ($r=0.06$; $P=0.19$).

Estos resultados son consistentes con lo reportado por Abou-Shaara y Tabikha (2016), quienes reportaron que las correlaciones entre la mayoría de las características fueron muy débiles, excepto LED, que se correlacionó significativamente ($P<0.05$) con AED y AEG en 0.52 y 0.42, respectivamente, así como AEG se correlacionó significativamente ($P<0.05$) con AED en 0.42. Así mismo, Loeza-Concha *et al.* (2018), reportaron que la variable LEG presentó correlación ($P\leq 0.05$) con todas las variables estudiadas, pero fue mayor con AED. La correlación positiva y significativa con AED-LED ($r=0.43$; $P=0.00$) es importante a considerar ya que estas variables morfométricas son las que determinan la Relación IV, el cual se toman para determinar la especie de *Varroa* a la que pertenecen las muestras. Se encontró correlación negativa muy pobre de LEG ($r=-0.12$; $P=0.00$) y LEA ($r=-0.10$; $P=0.01$).

El análisis de conglomerados de observaciones expresa que la variabilidad morfológica entre las poblaciones es muy pequeña entre algunos municipios de la misma subregión, por lo que como puede observarse en la figura 5, se forman dos conglomerados, dentro de ellos, los especímenes colectados en municipios de subregiones diferentes pueden tener medidas similares en al menos una variable. Por lo que nuestros resultados demuestran que, especímenes de municipios y subregiones diferentes comparten el mismo conglomerado morfométrico, lo que no permite la clasificación o agrupación por ubicación espacial.

Dado que cada conglomerado está representado por el promedio de los puntos que lo componen, los conglomerados presentan los mismos promedios en las variables LED = 0.66mm, LEG = 0.44mm, AEA = 0.15mm, LEA = 0.09mm, siendo las variables AED y AEG las que hacen diferente al conglomerado 1 (AED = 0.095, AEG = 0.40) del conglomerado 2 (AED = 0.096, AEG = 0.41). Esto implica que las diferencias morfológicas de *Varroa* no siguen necesariamente un patrón geográfico definido por subregiones. Municipios distantes entre sí pueden tener poblaciones de *Varroa* con características morfológicas similares. Así mismo, sugieren que la adaptación morfológica de *Varroa* puede darse a escalas espaciales más finas que las subregiones, respondiendo a condiciones locales específicas de cada municipio o incluso de cada apiario.

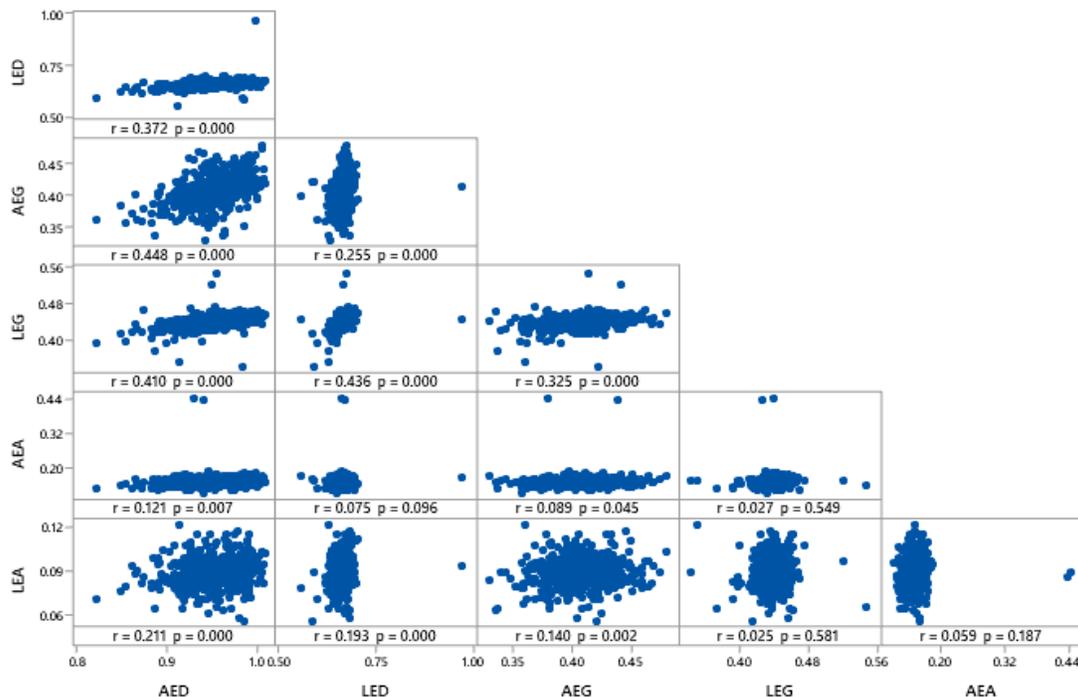


Figura 4. Correlaciones momento producto de Pearson (r) entre cada par de variables ($N=501$). Ancho del escudo dorsal (AED), longitud del escudo dorsal (LED), ancho del escudo genital (AEG), longitud del escudo genital (LEG), ancho del escudo anal (AEA), longitud del escudo anal (LEA).

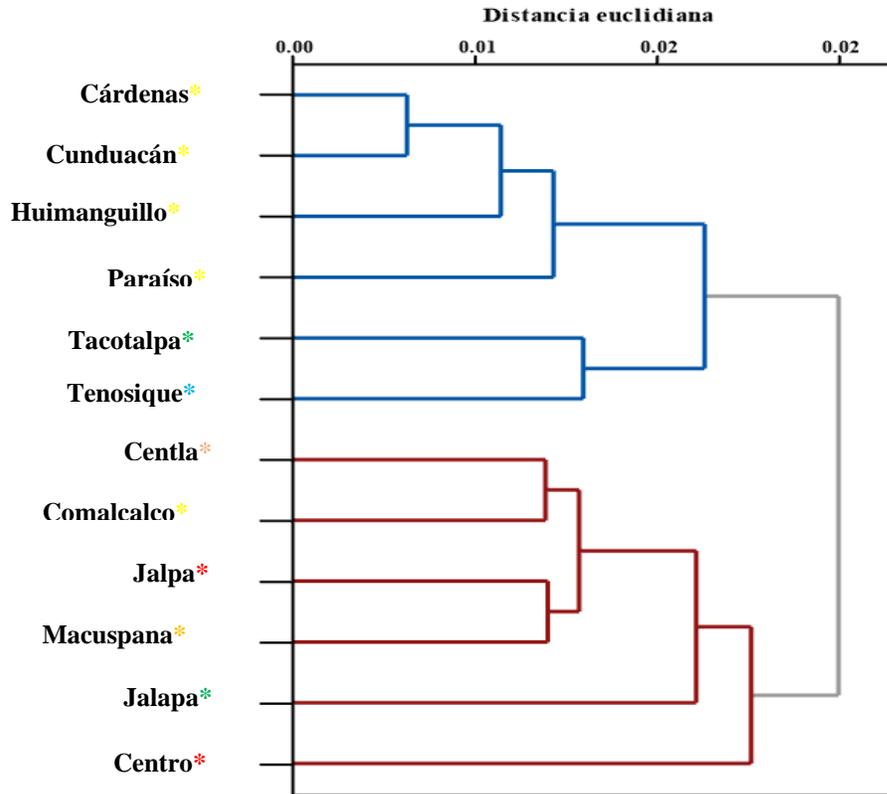


Figura 5. Análisis de conglomerados de observaciones (Distancia euclidiana), entre las poblaciones de *Varroa* de diferentes municipios en el estado de Tabasco, con base en el promedio de los puntos de seis variables morfométricas: Ancho del escudo dorsal (AED), longitud del escudo dorsal (LED), ancho del escudo genital (AEG), longitud del escudo genital (LEG), ancho del escudo anal (AEA), longitud del escudo anal (LEA). El color del asterisco en el nombre del municipio, indica la subregión a la que pertenece (*) Centro, (*) Chontalpa, (*) Pantanos, (*) Ríos, (*) Sierra.

Maggi *et al.* (2009) investigaron la variabilidad morfológica de las poblaciones de *V. destructor* en Argentina donde identificaron hasta siete morfotipos de los ácaros, con una amplia superposición de variables morfométricas entre ellos. Sin embargo, al considerar tres morfotipos, la separación entre los grupos fue más evidente. El análisis estadístico, que incluyó ANOVA y análisis de conglomerados, reveló diferencias significativas en las variables morfométricas entre los morfotipos, lo que indica la presencia de morfotipos distintos de *V. destructor* en diferentes áreas geográficas de Argentina. Posteriormente en Hopelchén, Campeche, México, Domínguez-Rebolledo *et al.* (2022), reportaron la presencia de la especie *V. destructor* evidenciando diferencias morfométricas intraespecíficas, dado que mediante el análisis de conglomerados jerárquicos encontraron cinco conglomerados diferentes entre las poblaciones de *Varroa* analizadas.

Posteriormente estos autores, Maggi *et al.* (2012) realizaron otro estudio, para determinar el papel del

tamaño corporal de *V. destructor* en su tolerancia natural a los acaricidas, ellos encontraron que cuanto más grande era el cuerpo del ácaro, mayor era la probabilidad de supervivencia, lo que sugiere que mantener una amplia variabilidad del tamaño corporal en una población podría ser una estrategia adaptativa de los ácaros para sobrevivir a la presión de selección ejercida por los acaricidas. Nuestros resultados sugieren que la adaptación morfológica de *Varroa* puede darse a escalas espaciales más finas que las subregiones, respondiendo a condiciones locales específicas de cada municipio o incluso de cada apiario. Abou-Shaara y Tabikha (2016), en cinco distritos del noroeste de Egipto, analizaron 80 especímenes de *Varroa* encontrando los especímenes más grandes en los distritos Damanhour y El-Dalangat; el análisis de conglomerado formó dos conglomerados con alto grado de superposición, por lo que reportaron que las colonias de los cinco distritos estudiados se distribuyeron en ambos grupos, en diferentes proporciones. Lo anterior es consistente con los

resultados obtenidos en la presente investigación, donde se formaron dos conglomerados.

El hecho de que municipios de diferentes subregiones presenten valores promedio similares en las variables morfológicas de *Varroa* indica que la pertenencia a una subregión no es el único determinante de la morfología del parásito, y que deben considerarse otros factores locales para comprender mejor su variabilidad morfológica. Abou-Shaara (2017) evaluaron el efecto del jarabe de azúcar solo, jarabe de azúcar mezclado con extracto de larvas de zángano y jarabe de azúcar mezclado con extracto de propóleo, sobre el control de *Varroa* y la morfología de los ácaros durante el período invernal de Damanhour, Egipto; los resultados mostraron que el extracto de propóleo fue capaz de aumentar el número de ácaros caídos en condiciones de campo, pero en laboratorio demostró tener efectos letales contra las abejas obreras, así mismo, reportaron que el comportamiento de acicalamiento de las abejas se mantuvo estable durante el invierno, y diciembre fue significativamente el mes con el mínimo porcentaje promedio de ácaros acicalados. La longitud (LED) y el ancho del cuerpo (AED) y la proporción corporal (Relación IV) de los ácaros disminuyeron significativamente desde noviembre hasta enero/febrero.

Esto refleja que la morfología de *Varroa* no es estable en el transcurso del tiempo. Los cambios negativos en la morfología de *Varroa*, tal vez se debieron a la baja alimentación y actividades de *Varroa* como resultado de la baja actividad de cría de abejas melíferas durante el invierno. No obstante, en Damanhour, Egipto, los ácaros son de mayor tamaño (LED = 1.11 ± 0.04 ; AED = 1.69 ± 0.06 y Relación IV = 1.55 ± 0.08), que los estudiados en la presente investigación (LED = 0.66 ± 0.01 ; AED = 0.97 ± 0.03 y Relación IV = 1.46 ± 0.04). Dadgostar y Nozari (2018), en siete provincias de Irán, colectaron un total de 140 ácaros *Varroa* (20 especímenes por población) con el propósito de analizar sus diferencias morfológicas, tanto mediante el método morfométrico clásico (seis variables morfométricas) como el método de morfometría geométrica (seis puntos de referencia en la superficie ventral del ácaro *Varroa*). La investigación tuvo como objetivo comparar la morfometría clásica y geométrica para identificar con precisión las poblaciones de ácaros *Varroa* en Irán para posibles comparaciones con otros países.

Los resultados mostraron diferencias significativas en las medidas morfológicas entre las poblaciones, con variaciones en la longitud, el ancho del cuerpo, los atributos del escudo y otras características. Los resultados del método geométrico morfométrico son diferentes de los del método morfométrico clásico, por lo que el estudio destacó cómo los factores geográficos y los métodos de medición influyeron en la

distribución y morfología de las poblaciones de ácaros. Díaz-Avalos *et al.* (2021), colectaron 510 especímenes del género *Varroa* provenientes de 17 apiarios en cuatro localidades de la costa norte del Perú, se concluyó que todas las poblaciones analizadas pertenecen a una sola especie, identificada como *V. destructor* de acuerdo con Anderson y Trueman (2000). Aún, cuando los ácaros *Varroa* pertenecen a la misma especie, el análisis clúster a partir de las distancias de Mahalanobis de los 510 especímenes confirman la presencia de cinco grupos, no obstante, determinada proporción de ácaros de cada una de las localidades, pueden ubicarse en más de un grupo, por lo que, de manera consistente con nuestros resultados, no es posible asociar grupos con localidades, lo cual sugiere la necesidad de estudiar otros factores, además de la ubicación geográfica, que puedan explicar la variabilidad morfológica observada en el ácaro *Varroa*, tales como las prácticas de manejo apícola, la genética de las abejas, las condiciones climáticas, entre otros.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio demuestran que las poblaciones de *Varroa* analizadas en el estado de Tabasco se clasifican como la especie *V. destructor*. Si bien se encontraron diferencias significativas entre las subregiones en la mayoría de las variables analizadas, el análisis de conglomerados reveló que la variabilidad morfológica entre las poblaciones es relativamente pequeña. Los especímenes de diferentes municipios y subregiones pueden compartir características morfométricas similares, sin seguir un patrón de distribución territorial definido. Esto sugiere que la adaptación morfológica de *Varroa* puede ocurrir a escalas espaciales más finas, respondiendo a condiciones locales específicas de cada municipio o apiario.

Las correlaciones morfométricas más fuertes se encontraron entre el ancho y la longitud del escudo dorsal (AED-LED), lo cual es relevante para la identificación de la especie de *Varroa*. Sin embargo, se observó una amplia variabilidad en las relaciones morfométricas entre las subregiones, lo que resalta la importancia de considerar la plasticidad fenotípica de este parásito en diferentes condiciones ambientales.

En conjunto, estos hallazgos contribuyen a una mejor comprensión de la variabilidad morfológica de *Varroa destructor* en Tabasco y brindan una base sólida para el desarrollo de estrategias de control más efectivas y adaptadas a las condiciones locales. Es necesario continuar investigando otros factores que puedan influir en la morfología de *Varroa*, como las prácticas de manejo apícola, la genética de las abejas hospederas y las condiciones climáticas, para optimizar las

medidas de control y mitigar el impacto de este parásito.

Agradecimientos

A nuestros estimados apicultores por las facilidades brindadas para realizar el trabajo de campo en cada una de sus apiarios ubicados en diferentes comunidades del estado de Tabasco.

Funding. The authors disclose that they did not receive any funding for the research conducted in this study.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Compliance with ethical standards. The nature of the work does not require the approval of a (bio)ethical committee,

Data availability. The data is available upon request, with the corresponding author rramos@ecosur.mx

Author contribution declaration (CRediT)

E. Payró-de la Cruz-Conceptualization, Data curation, Writing original draft and Writing – review & editing. **M. Valencia-Domínguez**-Software, Supervision and Visualization. **B.P. Castellanos-Potenciano**-Conceptualization, Data curation and Writing original draft. **R. Ramos-Reyes**-Conceptualization, Data curation and Formal analysis.

REFERENCES

- Abou-Shaara, H.F. and Tabikha R., 2016. Morphological characterization and a morphometry map for varroa mites from Northwest of Egypt. *Cerceări Agronomice în Moldova*, 4(168), pp. 75-84. <https://doi.org/10.1515/cerce-2016-0038>
- Abou-Shaara, H.F., 2017. Using safe materials to control *Varroa* mites with studying grooming behavior of honey bees and morphology of *Varroa* over winter. *Annals of Agricultural Sciences*, 62(2), pp. 205-210. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2017.12.002>
- Anderson, D. and Trueman J., 2000. *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) is more than one species. *Experimental and Applied Acarology*, 24, pp. 165-189. <https://doi.org/10.1023/a:1006456720416>
- Boudagga, H., Barbouche, N., Laârif, A. and Hamouda, M.H.B., 2003. Morphological identification of the *Varroa* species (Acari: Varroidae) colonizing Tunisian apiaries. *Systematic and Applied Acarology*, 8(1), pp. 97-100. <https://doi.org/10.11158/saa.8.1.12>
- Castellanos-Potenciano, B.P., Vivas Rodríguez, J.A. and Ramos-Hernández, E., 2024. Factors that limit the productive use of *Apis mellifera* L. a review. *International Journal of Tropical Insect Science*, 44, pp. 1-12. <https://doi.org/10.1007/s42690-023-01151-y>
- Chen, G.W., Wang, S., Jia, S., Feng, Y., Hu, F.L., Chen, Y.P. and Zheng, H.Q., 2021. A new strain of virus discovered in China specific to the parasitic mite *Varroa destructor* poses a potential threat to honey bees. *Viruses*, 13, pp.1-16. <https://doi.org/10.3390/v13040679>
- Correa-Benítez, A., Anguiano-Baez, R., Heneidi-Zeckua, A., Dávalos-Flores, J. L., Peña-Haaz, N. T., Pérez-Martínez, E. E., Carbajal-Rodríguez, M., Vásquez-Valencia, I., Almazán-Maldonado, N., Petukhova, T. and Guzmán-Novoa, E., 2023. Prevalence of adult honey bee (*Apis mellifera* L.) pests and pathogens in the five beekeeping regions of Mexico. *Animals*, 13(11), pp. 1-14. <https://doi.org/10.3390/ani13111734>
- Dadgostar, S. and Nozari, J., 2018. Classical and geometric morphometric methods reveal differences between specimens of *Varroa destructor* (Mesostigmata: Varroidae) from seven provinces of Iran. *Persian Journal of Acarology*, 7(1), pp. 51-60. <https://doi.org/10.22073/pja.v1i1.32063>
- De Jong D., De Jong P. and Goncalves L., 1982. Weight loss and other damage to developing worker honeybees from infestation with *Varroa jacobsoni*. *Journal of Apicultural Research*, 21(3), pp. 165-167. <https://doi.org/10.1080/00218839.1982.11100535>
- Díaz-Avalos, A.P., Leiva-Chimbor L.A., Rodríguez-Rodríguez, R., Hurtado-Mendoza, C.A., Rodríguez-Soto, J.C. and Díaz-Pretell, L.E., 2021. Determination of the geometric morphometry of *Varroa* sp. (Acari: Varroidae) ectoparasite of *Apis mellifera* L., north coast of Peru, 2018. *Arnaldoa*, 28(3), pp. 717-726. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.283.28314>
- Dietemann, V., Nazzi, F., Martin, S.J., Anderson, D.L., Locke, B., Delaplane, K.S., Wauquiez, Q., Tannahill, C., Frey, E., Ziegelmann, B., Rosenkranz, P. and Ellis, J.D., 2013. Standard methods for *Varroa* research. *Journal of*

- Apicultural Research*, 52(1), pp. 1-54.
<https://doi.org/10.3896/IBRA.1.52.1.09>
- Domínguez-Rebolledo, Á., Quej-Chi, V., Chi-Maas, D., Lemus-Flores, C., Dzib-Cauich, D. y Loeza-Concha, H., 2022. Identificación morfológica de la especie predominante de *Varroa* (*Parasitiformes: Varroidae*) en colonias de abejas en Hopelchén, Campeche. *Abanico Veterinario*, 12, pp. 1-13.
<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2022.21>
- Farjamfar, M., Saboori, A., Nozari, J. and Hosseinaveh, V., 2018. Morphometric analysis in different geographical populations of *Varroa destructor* (*Acari: Varroidae*) associated with *Apis mellifera* colonies in Iran. *Journal Systematic and Applied Acarology*, 16, pp. 1915-1930.
<https://doi.org/10.11158/saa.23.10.4>
- Fernandez, N. and Coineau, Y., 2007. *Varroa*, the serial bee killer mite. Atlantica; Biarritz, France. 264 p.
- Giacobino, A., Molineri, A.I., Pacini, A., Fondevila, N., Pietronave, H., Rodríguez, G., Palacio, A., Cagnolo, N.B., Orellano, E., Salto, C.E., Signorini, M.L. and Merke, J., 2016. *Varroa destructor* and viruses association in honey bee colonies under different climatic conditions. *Environmental Microbiology Reports*, 8, pp. 407-412.
<https://doi.org/10.1111/1758-2229.12410>
- Hernández, S.R., Fernández, C.C. and Baptista, L.M.P., 2014. Metodología de la investigación. 6ta Edición. McGraw-Hill. Interamericana Editores. México. 600 p.
- INEGI., 2021. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aspectos geográficos. INEGI, México. Recuperado el 11 de febrero de 2024 de:
https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/areas geograficas/resumen/resumen_27.pdf
- Jung, C., 2015. Simulation study of *Varroa* population under the future climate conditions. *Journal of Apiculture*, 30, pp. 349-358.
<https://doi.org/10.17519/apiculture.2015.11.3.0.4.349>
- Kelomey, E., Paraiso, A., Azonwade, F., Gbemavo, C., Goergen, G.E., Tamo, M. and Baba-Moussa, L., 2016. Morphometric characterization of parasite *Varroa* sp. of bee *Apis mellifera* L. in Benin. *European Scientific Journal*, 12(33), pp. 221-234.
<https://doi.org/10.19113/ESJ.1233.0221>
- Leza, M.M., Miranda-Chueca, M.A. and Purse, B.V., 2016. Patterns in *Varroa destructor* depend on bee host abundance, availability of natural resources, and climate in Mediterranean apiaries. *Ecological Entomology*, 41, pp. 542-553.
<https://doi.org/10.1111/een.12327>
- Loeza-Concha, H., Domínguez-Rebolledo, A., Escalera-Valente, F., Ávila-Ramos, F. y Carmona-Gasca, C., 2018. Identificación morfológica de *Varroa destructor* y su plasticidad por la exposición a timol. *Abanico Veterinario*, 8(2), pp. 98-107.
<https://doi.org/10.21929/abavet2018.82.9>
- Maggi, M.D., Sardella, N.H., Ruffinengo, S.R. and Eguaras, M.J., 2009. Morphotypes of *Varroa destructor* collected in *Apis mellifera* colonies from different geographic locations of Argentina. *Parasitology Research*, 105, pp. 1629-1636.
<https://doi.org/10.1007/s00436-009-1605-8>
- Maggi, M., Peralta, L., Ruffinengo, S., Fuselli, S., and Eguaras, M., 2012. Body size variability of *Varroa destructor* and its role in acaricide tolerance. *Parasitology Research*, 110, pp. 2333-2340.
<https://doi.org/10.1007/s00436-011-2768-7>
- Martínez-Puc, J.F., Gómez-Leyva, J.F., González-Cortés, N., Catzím-Rojas, F.J., Sánchez-Melo, Y., y Payró-de la Cruz, E., 2022. Presencia de *Varroa destructor*, *Nosema* spp. y *Acarapis woodi* en colonias de abejas de Tabasco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13, pp. 303-315.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v13i2.3033>
- Minitab., 2023. Minitab Statistical Software (Version 20.1). Windows. State College, PA: Minitab Inc.
- Nürnbergger, F., Härtel, S. and Steffan-Dewenter, I., 2019. Seasonal timing in honey bee colonies: phenology shifts affect honey stores and varroa infestation levels. *Oecologia*, 189, pp. 1121-1131.
<https://doi.org/10.1007/s00442-019-04377-1>
- QGIS., 2021. QGIS Development Team. Proyecto de la Fundación Geoespacial de Código Abierto. <http://qgis.osgeo.org> ". RRL.
<https://qgis.org/es/site/>

- Ramsey, S.D., Ochoa, R., Bauchan, G., Gulbranson, C., Mowery, J.D., Cohen, A., Lim, D., Joklik, J., Cicero, J.M., Ellis, J.D., Hawthorne, D. and Vanengelsdorp, D., 2019. *Varroa destructor* feeds primarily on honey bee fat body tissue and not hemolymph. *Proceedings of The National Academy of Sciences*, 116, pp. 1792-1801. <https://doi.org/10.1073/pnas.1818371116>
- Rehman, M., Ahmad, S., Shah M., and Khan, I., 2018. Identification of varroa mite species of honeybee, *Apis mellifera* in Khyber Pukhtunkhawa Peshawar, Pakistan. *Sarhad Journal of Agriculture*, 34(2), pp. 414-417. <http://dx.doi.org/10.17582/journal.sja/2018/34.2.414.417>
- Reyes-Quintana, M., Espinosa-Montaña, L.G., Prieto-Merlos, D., Koleoglu, G., Petukhova, T., Correa-Benítez, A. and Guzman-Novoa, E., 2019. Impact of *Varroa destructor* and deformed wing virus on emergence, cellular immunity, wing integrity and survivorship of Africanized honey bees in Mexico. *Journal of Invertebrate Pathology*, 164, pp. 43-48. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2019.04.009>
- Rinkevich, F.D., Moreno-Martí, S., Hernández-Rodríguez, C.S. and González-Cabrera, J., 2023. Confirmation of the Y215H mutation in the β sub2 sub-octopamine receptor in *Varroa destructor* is associated with contemporary cases of amitraz resistance in the United States. *Pest Management Science*, 79, pp. 2840-2845. <https://doi.org/10.1002/ps.7461>
- SMN-CONAGUA, 2024. Resúmenes mensuales de lluvia y temperatura. *Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional del Agua*. Recuperado el 5 de junio de 2024 de: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>
- Tapia-González, J.M., Alcazar-Oceguera, G., Macías-Macías, J.O., Contreras-Escareño, F., Tapia-Rivera, J.C., Petukhova, T. and Guzmán-Novoa, E., 2019. Varroosis en abejas melíferas en diferentes condiciones ambientales y regionales de Jalisco, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6, pp. 243-251. <https://doi.org/10.19136/era.a6n17.2018>
- Warner, S., Pokhrel, L.R., Akula, S.M., Ubah, C.S., Richards, S.L., Jensen, H. and Kearney, G.D., 2024. A scoping review on the effects of *Varroa* mite (*Varroa destructor*) on global honey bee decline. *Science of The Total Environment*, 906, pp. 167492-167494. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167492>
- Yevstafieva, V.O., Zaloznaya, L.M., Nazarenko, O.S., Melnychuk, V.V. and Sobolta, A.G., 2020. Morphological variation of *Varroa destructor* (*Parasitiformes, Varroidae*) in different seasons. *Biosystems Diversity*, 28, pp. 18-23. <https://doi.org/10.15421/012003>