

## Presencia de *Varroa destructor*, *Nosema* spp. y *Acarapis woodi* en colonias de abejas de Tabasco

Jesús Froylán Martínez Puc<sup>1</sup>  
Juan Florencio Gómez Leyva<sup>2</sup>  
Nicolás González Cortés<sup>3</sup>  
Francisco Javier Catzím Rojas<sup>4</sup>  
Yessenia Sánchez Melo<sup>4</sup>  
Emeterio Payró de la Cruz<sup>4§</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México-IT Chiná. Calle 11 s/n x 22 y 28, Chiná, Campeche. CP. 24520. (jesus.mp@china.tecnm.mx). <sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México-IT Tlajomulco. Carretera a San Miguel Cuyutlán km 10, Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco. CP. 45640. (juan.gl@tlajomulco.tecnm.mx). <sup>3</sup>División de Académica Multidisciplinaria de los Ríos-Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Tenosique-Estapilla km 1, Cocoyol, Tenosique de Pino Suárez, Tabasco. CP. 86900. (nicolas.gonzalez@ujat.mx). <sup>4</sup>Tecnológico Nacional de México-IT Zona Olmeca. Ignacio Zaragoza s/n, Villa Ocuilzapatlán, Centro, Tabasco. CP. 86250. (francisco.cr@zolmeca.tecnm.mx; 115950033@zolmeca.tecnm.mx).

§Autor para correspondencia: emeterio.pd@zolmeca.tecnm.mx.

### Resumen

Las enfermedades de la abeja (*Apis mellifera*), causan grandes pérdidas económicas y se consideran la causa de alta pérdida de colonias. En este estudio se determinó la frecuencia y los niveles de infestación de *Varroa destructor* y *Acarapis woodi*. Asimismo, se determinó la frecuencia y niveles de infección de *Nosema* spp., en colonias de abejas melíferas de Tabasco, México. Durante octubre a noviembre de 2020, se colectaron muestras de abejas en 112 colonias en las cinco subregiones de Tabasco. Se diagnosticó la frecuencia y niveles de infestación de *V. destructor* mediante la técnica del fragmento de panal de cría operculada, así como el lavado de abejas adultas. La cuantificación de esporas de *Nosema* spp., se realizó mediante un macerado de abdómenes y la identificación visual de *A. woodi* en tráqueas utilizando un microscopio estereoscópico. A nivel estatal se encontró una Frecuencia de *V. destructor* en cría operculada (FVCO)= 69.64%, nivel de infestación de *V. destructor* en cría operculada (NIVCO)= 13.86% ( $p= 0.419$ ); asimismo, se observó una frecuencia de *V. destructor* en abejas adultas (FVAA)= 92.86%; nivel de infestación de *V. destructor* en abejas adultas (NIVAA)= 3.88% ( $p= 0.944$ ). Se observó una frecuencia de *Nosema* spp. (FN)= 91.96%; nivel de infección de *Nosema* spp. (NIN)= 133 738  $\pm$ 156 221 esporas/abeja. Todas las muestras resultaron negativas a *A. woodi*. Los resultados indican que la presencia *V. destructor* y *Nosema* spp., son más frecuentes en las subregiones estudiadas, los niveles de infestación de *V. destructor* y los niveles de infección de *Nosema* spp. son bajos. Sin embargo, se encontraron valores extremos en diversas comunidades que rebasan los límites tolerables, lo cual requiere de atención ante posible diseminación de estos patógenos.

**Palabras clave:** *Apis mellifera*, *Acarapis woodi*, *Nosema* spp., *Varroa destructor*.

Recibido: enero de 2022

Aceptado: marzo de 2022

## Introducción

A nivel mundial México ocupa el sexto lugar entre los países con mayor producción de miel, ocupando el tercer lugar en el continente Americano, después de Estados Unidos de América y Argentina; asimismo, se encuentra entre los principales países exportadores de miel con 23 768.84 t con un valor de \$57 576 183 USD, siendo los principales países importadores Alemania (1 481.6 t), Estados Unidos de América (2 567.98 t), Reino Unido (1 992.58 t), Arabia Saudita (1 481.6 t), Suiza (1 440.78 t) y Bélgica (1 212.9 t) (FAO-FAOSTAT, 2021).

Según información obtenida del SIAP (2021), los principales estados productores de miel en México son Yucatán (10 022 t), Campeche (8 797 t) Jalisco (6 138 t), Chiapas (5 483 t) y Veracruz (4 891 t); mientras que el estado de Tabasco ocupa el lugar 25 en la producción de miel (408 t). Aunado a su importancia social y económica, las abejas polinizan 77% de las plantas responsables de producir los recursos alimentarios que sustentan a la población humana mundial (Buchmann y Nabhan, 1996), por lo que la FAO (2021), ha considerado que la apicultura impacta en 10 de los 17 objetivos de la agenda 2030 para el desarrollo sustentable.

En los últimos años a nivel mundial, la apicultura se ha visto amenazada por el cambio climático, cambios en el uso del suelo, uso indiscriminado de pesticidas y por la alta pérdida de colonias, lo cual se considera que es resultado de muchos factores dentro de los cuales están involucrados diversos agentes patológicos (Roy *et al.*, 2018). Por tanto, los estudios relacionados al impacto de la apicultura para la economía en diversos países y los estudios integrales para determinar el estado sanitario de las colonias son pertinentes a nivel local. La varroosis es una parasitosis causada por el ácaro *V. destructor* en *A. mellifera* y es considerada como el principal problema sanitario que afecta a la apicultura a nivel mundial, además de favorecer la proliferación de otros microorganismos como *Nosema* spp.

Diversos investigadores como Van Engelsdorp *et al.* (2008); Paxton (2010) reportaron que *Nosema* spp., se encuentra ampliamente distribuida en Norte América y Europa, donde el fenómeno llamado colapso de las colonias (CCD por sus siglas en inglés, Colony Collapse Disorder), ha ocasionado drásticamente la muerte de cientos de miles de colonias por lo que estos antecedentes evidencian a *Nosema* spp., como posible agente causal. Recientemente, Martínez y Cetzal (2018), reportaron que *Nosema* spp., ha incrementado notoriamente su frecuencia y niveles de infección en Yucatán, México. Diversos investigadores han propuesto que *N. ceranae* es un nuevo parásito de *A. mellifera* del cual aún se desconoce mucho sobre su patología y de cómo puede interactuar con otros factores estresantes (Guerrero y Molina *et al.*, 2016; Roy *et al.*, 2018).

En sur América diversos estudios tales como los realizados por Klee *et al.* (2007) en Brasil, Invernizzi *et al.* (2009) en Uruguay, Medici *et al.* (2011) en Argentina y Martínez *et al.* (2012) en Chile, han confirmado la presencia de *N. ceranae*. Por otro lado, en México la detección de *Nosema* spp., se realizó en 2011, con muestras recolectadas desde 2004 (Guzmán *et al.*, 2011). En los últimos años, se han realizado diversos trabajos para detectar la presencia de *Nosema* spp., tanto en colonias comerciales y enjambres silvestres, como lo demuestran los trabajos realizados por Casavantes (2011); Acosta *et al.* (2014) en Chihuahua; Martínez *et al.* (2011) en Yucatán, así mismo en Campeche, Martínez y Catzín (2012) reportaron elevada frecuencia de *Nosema* spp. (99%) en las muestras colectadas, concluyendo que la nosemosis ha aumentado.

Por otro lado, El ácaro traqueal *A. woodi* es un parásito interno obligado, que se aparee y se desarrolla dentro de las tráqueas del sistema respiratorio de las abejas adultas, es microscópico se alimenta de la hemolinfa de las abejas melíferas provocando pérdidas económicas significativas en muchas áreas geográficas, ya que dentro de la colonia se esparcen rápidamente por el contacto entre las abejas, así como por medio de la deriva de abejas infestadas propagándose de una colonia a otra (Bailey, 1983). El ácaro traqueal *A. woodi* ha invadido Asia, Europa, partes de África, América del Norte y del Sur excepto, Australia, Nueva Zelanda, Noruega y Suecia, debido a su amplia distribución, se piensa que está relacionada con la pérdida de colonias de abejas melíferas en la India (Singh *et al.*, 2013; Shakib y Mehdi, 2016).

En América Latina, Maggi *et al.* (2016), identificaron su presencia al revisar el estado de salud de las abejas en diferentes países y reportaron frecuencias de 1 a 2.7% en Uruguay y 2.7% en el estado de Táchira en Venezuela. Las colonias de abejas melíferas europeas en Europa, Asia y América del Norte sufren grandes pérdidas de poblaciones, en comparación con abejas de otras partes del mundo que logran sobrevivir satisfactoriamente a los patógenos (Coelho *et al.*, 2015). En México *A. woodi* ocasionó graves pérdidas económicas para los apicultores durante los primeros años después de su detección (Wilson y Nunamaker, 1983).

No obstante, la región del trópico húmedo de México ha sido poco estudiada, por ello, siendo las enfermedades las causas probables del CCP, el objetivo de este trabajo fue determinar la frecuencia y niveles de infestación de *V. destructor* y *A. woodi*, así como la frecuencia y niveles de infección de *Nosema* spp. en Tabasco, México.

## Materiales y métodos

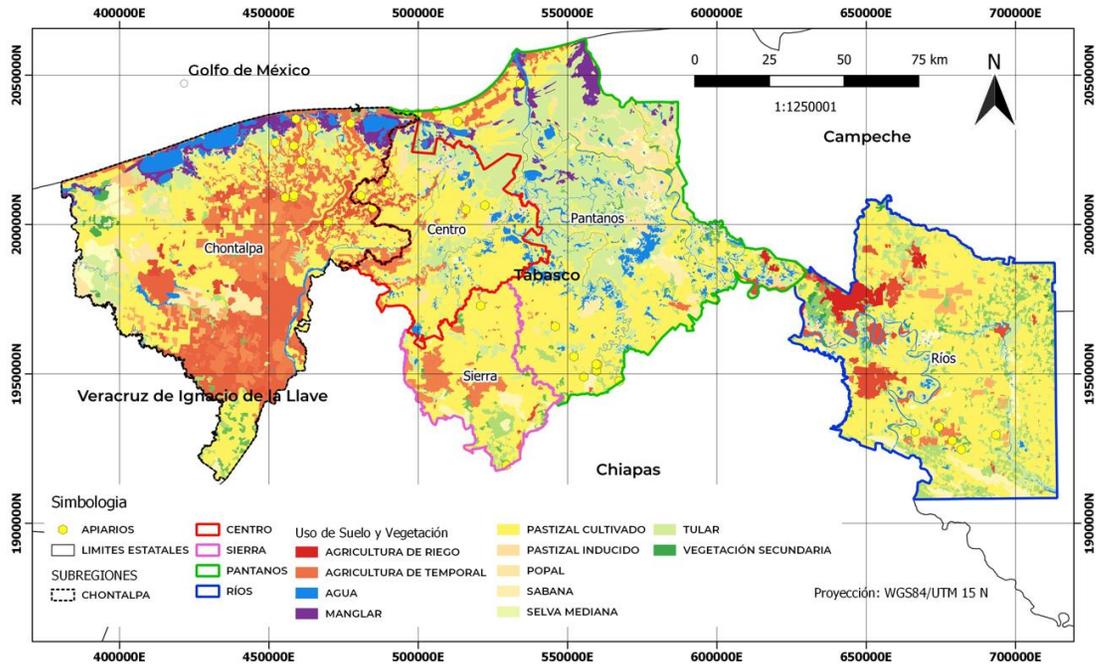
### Localización geográfica de los apiarios

El estado de Tabasco posee una extensión territorial de 2 446 100 ha. 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, en Tabasco se registran 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, 2017). Tabasco está dividido en cinco subregiones fisiogeográficas.

1) Subregión Centro. Se encuentra dentro de la región hidrográfica del río Grijalva, a la que también pertenecen la Subregión Chontalpa y Subregión Sierra. Su superficie es de 2 572.84 km<sup>2</sup>, lo que representa 10.51% del total del estado. esta subregión está formada por terrenos en su mayoría bajos y algunas zonas pantanosas principalmente en los municipios de Centro y Nacajuca. Como puede observarse en la Figura 1, posee vegetación de pastizales, tulares y agricultura de temporal, destacando los cultivos de maíz, papaya, plátano y cacao.

2) Subregión Chontalpa. se localiza en la parte más occidental del estado, colinda con los estados de Veracruz y Chiapas, esta subregión se encuentra dentro de la región hidrográfica del río Grijalva, a la que también pertenecen las Subregiones Centro y Sierra. Cuenta con una superficie de 7 606.09 km<sup>2</sup>, lo que representa 31.08% del total del estado. El terreno es mayormente plano con escasas elevaciones regulares de poca importancia. Como puede observarse en la Figura 1, esta subregión

posee vegetación de pastizales, tulares, agricultura de temporal, vegetación secundaria, selva mediana y manglares, las asociaciones vegetales de la sabana están a continuación de la selva y son básicas para la ganadería. Existen plantaciones comerciales de cítricos, cacao especies forestales como eucalipto. Esta subregión, es el principal productor de cacao, caña de azúcar, piña, limón y naranja, también cuenta con dos de los tres ingenios azucareros existentes en el estado.



**Figura 1. Geolocalización de apiarios, subregiones, uso del suelo y vegetación de Tabasco, México.**

3) Subregión Pantanos. Se localiza en la parte centro-noroeste del estado y como su nombre lo indica, esta zona es donde se unen los ríos Grijalva y Usumacinta, formándose numerosas marismas, lagunas y pantanos al estancarse el agua debido al relieve plano y con poca o ninguna variación. Esta subregión se encuentra dentro de la región hidrográfica del río Usumacinta, a la que también pertenece la Subregión Ríos. Su superficie es de 6 588.39 km<sup>2</sup>, lo que representa 33.74% del total del estado. Como puede observarse en la Figura 1, esta subregión posee vegetación de pastizales, tulares, agricultura de temporal, vegetación secundaria, selva mediana y manglares. En esta subregión se encuentra la reserva de la biosfera de los Pantanos de Centla, patrimonio natural de la humanidad; la cual protege y conserva una extensión de 302.706 has de humedales, una de las áreas más extensas de Mesoamérica con este ecosistema. Esta subregión es la que conserva la mayor concentración de reserva selvática en los límites con la República de Guatemala.

4) Subregión Ríos. Se localiza en la parte más oriental del estado, en los límites con el estado de Campeche y la República de Guatemala. Se llama así por la gran cantidad de ríos que la cruzan, entre ellos, el río Usumacinta, el más caudaloso del país y el río San Pedro Mártir. Esta subregión se encuentra dentro de la región hidrográfica del río Usumacinta, a la que también pertenece la Subregión Pantanos. Cuenta con una superficie de 6 234.2 km<sup>2</sup>, lo que representa 24.67% del total del estado, el relieve es plano con algunos lomeríos y algunas zonas montañosas que no sobrepasan los 600 msnm. Como puede observarse en la Figura 1, esta subregión posee vegetación de pastizales, tulares, agricultura de temporal, vegetación secundaria y selva mediana.

5) Subregión Sierra. Esta subregión se encuentra dentro de la región hidrográfica del río Grijalva, a la que también pertenecen las subregiones Chontalpa y Centro. Cuenta con una su superficie de 1 799.38 km<sup>2</sup>, lo que representa 7.35% del total del estado. La geografía concuerda más con la de la Sierra Madre de Chiapas que con la del resto de Tabasco pues, mientras que el relieve tabasqueño se caracteriza por ser plano y regular, esta zona presenta una gran concentración de elevaciones, ninguna de ellas mayor a los 1 000 msnm, el clima también varía en esta subregión, presentándose en la sierra algunas de las mayores precipitaciones anuales del país (INEGI, 2017).

### **Obtención de la muestra**

El presente trabajo se realizó durante octubre a noviembre de 2020, en apiarios de apicultores cooperantes de las cinco subregiones, cuya geolocalización, uso del suelo y vegetación, se puede observar en la Figura 1. Del interior de cada cámara de cría, se tomó una muestra de 200-300 abejas obreras adultas en un frasco de plástico con capacidad de 250 ml conteniendo 100 ml de etanol al 96%, haciendo un total de 112 colonias. Las muestras fueron trasladadas al laboratorio de biotecnología del Tecnológico Nacional de México campus Zona Olmeca (latitud 15Q 515233; longitud 15Q 2005221; 3 masl) para su conservación en refrigeración a 4 °C hasta su análisis.

### **Trabajo de laboratorio**

#### **Determinación de las frecuencias de infestación de *V. destructor* y *A. woodi* y frecuencia de infección de *Nosema* spp.**

Para la determinación de la frecuencia de infestación de cada una de las patologías, se consideró el total de muestras N= 112 colonias. Las frecuencias [Frecuencia de *V. destructor* en cría operculada (FVCO), frecuencia de *V. destructor* en abejas adultas (FVAA), frecuencia de *Nosema* spp. (FN) y frecuencia de *A. woodi* (FAW)], se obtuvieron mediante la siguiente fórmula: frecuencia= (número de colonias positivas/112 colonias totales) \* 100 (Thrusfield, 2007).

#### **Determinación del nivel de infestación de *V. destructor***

En el presente estudio se evaluó el nivel de infestación de *V. destructor* en cría operculada (NIVCO) y el nivel de infestación de *V. destructor* en abejas adultas (NIVAA).

#### **Determinación del nivel de infestación de *V. destructor* en cría operculada (NIVCO)**

Para evaluar el NIVCO se tomó un fragmento de panal con cría operculada (10 x 15 cm) en cada una de las 112 colonias, del cual se retiró el opérculo de 100 celdas, para extraer las larvas y cuantificar el número de ácaros *V. destructor* totales. El interior de cada celda se examinó con la ayuda de un otoscopio. El NIVCO es el resultado del número de celdas infestadas con ácaros *V. destructor* dividido entre 100 celdas analizadas (De Jong *et al.*, 1982).

#### **Determinación del nivel de infestación de *V. destructor* en abejas adultas (NIVAA)**

De acuerdo con la metodología propuesta por De Jong *et al.* (1982), mediante agitación en alcohol al 96% de las muestras de abejas adultas de cada colonia, se desprendieron los ácaros adheridos al cuerpo de estas abejas y posteriormente se vertió el alcohol en un recipiente con una malla, la cual permite el paso de los ácaros a través de ella. El NIVAA se determinó mediante la división del número total de *V. destructor* recuperadas entre el número total de abejas multiplicado por 100.

### **Determinación del nivel de infección de *Nosema spp.* (NIN)**

De cada muestra por colonia, en un mortero de porcelana, se maceraron 20 abdómenes de abejas en 10 ml de agua destilada estéril (0.5 ml de agua destilada estéril por abdomen). De acuerdo con Cantwell (1970), una alícuota del homogenado se depositó en un hemocitómetro para la cuantificación de esporas empleando un microscopio óptico (Marca Leica, modelo DM 500, con cámara digital integrada). La fórmula para determinar los niveles de infección utilizada fue: número de esporas por abeja= volumen de agua destilada \* número de esporas por cuadrante/volumen por cada campo. Para la determinación del NIN, se tomaron como referencia los parámetros propuestos por Jaycox (1960).

### **Determinación del nivel de infestación de *A. woodi* (NIAW)**

De cada muestra por colonia, se tomaron al azar 25 abejas adultas de acuerdo con OIE (2008), a cada abeja se le desprendió la cabeza junto con el primer par de patas, dejando visible el anillo torácico, posteriormente se tomaron las tráqueas haciendo preparaciones para su observación al microscopio estereoscópico (Marca Zeiss<sup>®</sup>, modelo Stemi, con cámara digital integrada Mod. AxioCam 105).

### **Análisis estadístico**

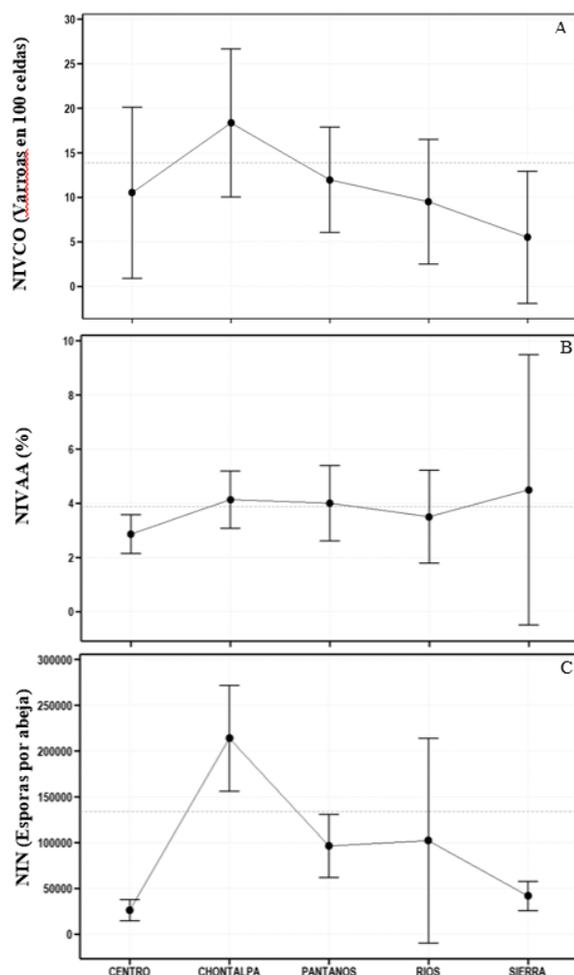
Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de estadística descriptiva, pruebas de verificación de varianza, detección de valores atípicos y de Kruskal-Wallis (H) para la comparación de las medianas. Se calculó la correlación lineal simple entre los índices de infestación (r). Los datos en porcentaje fueron transformados mediante la ecuación arcoseno (Steel y Torrie, 1988). Se emplearon los programas Stat Graphics Centurion<sup>®</sup> y Minitap versión IX<sup>®</sup>.

## **Resultados y discusión**

### **Frecuencia y niveles de infestación de *V. destructor* en cría operculada**

A nivel estatal se encontró una FVCO= 69.64%, y NIVCO= 13.86 ±17.96%. La mayor infestación se encontró en la subregión Chontalpa 18.33 ±23.45, seguidos de las subregiones Pantanos (11.96 ±13.66) y Centro (10.5 ±11.49), encontrando los valores por debajo del límite permitido (10%) en las subregiones Ríos (9.5 ±9.67) y Sierra (5.5 ±4.65), estos resultados posiblemente se deban al período de flujo de néctar el cual varía entre las diferentes subregiones.

Como puede observarse en la (Figura 2A), hay una diferencia de más de 3 a 1 entre la desviación estándar más pequeña y la más grande, lo que indica los datos no se ajustan a una distribución normal. La prueba Kruskal-Wallis (H= 3.91;  $p= 0.418$ ) indica no existencia de diferencias significativas entre las subregiones al 95% de confianza. Sin embargo, estas diferencias a pesar de no ser significativas estadísticamente se deben a posiblemente a que el flujo de néctar varía en las diferentes subregiones.



**Figura 2. Infestación de *Varroa* en cría operculada (NIVCO), infestación de *Varroa* en abejas adultas (NIVAA) e infestación de *Nosema* (NIN) en las subregiones de Tabasco, México.**

Al emplear como fuente de variación los municipios, se encontró en Cárdenas el máximo nivel de NIVCO=  $40.33 \pm 55.16\%$ . El nivel más bajo se encontró en Jalapa ( $5.5 \pm 4.95$ ), Tacotalpa ( $5.5 \pm 4.95$ ) y Centla ( $5.57 \pm 4.72$ ). Se observa la gran heterogeneidad dentro de los municipios de una misma subregión. De 78 (100%) diagnósticos positivos, 44 (56.41%) resultaron  $\leq 9$ ; 11 (14.1%) resultaron de 10 a 15 y 23 (29.49%) resultaron de 16 a 104 varroas en 100 celdas. Existe una correlación fuerte significativa entre NIVCO con NIVAA ( $N= 112$ ;  $r= 0.58$ ;  $p= 0.0001$ ).

### Frecuencia y niveles de infestación de *V. destructor* en abejas adultas

A nivel estatal se encontró una FVAA= 92.86% con un NIVAA=  $3.88 \pm 3.33\%$ . Los niveles de infestación observados en las diferentes subregiones fueron los siguientes: Sierra ( $4.5 \pm 4.75$ ), Chontalpa ( $4.14 \pm 3.35\%$ ) y Pantanos ( $4 \pm 3.79\%$ ), Ríos ( $3.51 \pm 2.97\%$ ) y Centro ( $2.87 \pm 1.13\%$ ). Como puede observarse en la Figura 2B, hay una diferencia de más de 3 a 1 entre la desviación estándar más pequeña y la más grande, lo que indica que los datos no se ajustan a una distribución normal. La prueba Kruskal-Wallis ( $H= 0.77$ ;  $p= 0.94$ ) indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las subregiones al 95% de confianza.

En promedio todas las subregiones son inferiores al 5%, el cual se toma como referencia como el nivel máximo permitido que debe tener la colonia con base a DOF (1994). No obstante, los coeficientes de variación por subregión expresan alta variabilidad entre las colonias del mismo apiario. Al emplear como fuente de variación los municipios, se encontró en Cárdenas (NIVAA=  $10.02 \pm 4.98\%$ ) y Jalapa (NIVAA=  $6.13 \pm 6.9\%$ ), siendo los únicos que rebasan el límite permisible de acuerdo con DOF (1994). Niveles más bajos se encontraron en el municipio de Paraíso NIVAA=  $2.55 \pm 1.1\%$ , Centla NIVAA=  $2.67 \pm 1.83\%$ , Centro NIVAA=  $2.85 \pm 1.09\%$  y Jalpa NIVAA=  $2.88 \pm 1.27\%$ . Como puede observarse en la figura 2B, existe una amplia variabilidad entre los valores de las colonias la cual posiblemente se debe al efecto de las subregiones.

En la presente investigación se encontró alta frecuencia en *V. destructor*. Sin embargo, se detectaron colonias que rebasan los límites permisibles, de acuerdo con DOF (1994). Trabajos similares realizados por Martínez *et al.* (2011), en un estudio comparativo entre colonias manejadas y enjambres silvestres, realizado en Mérida, Yucatán, reportaron FIVAA= 62.9%; NIVAA=  $1.7 \pm 0.26$  (ácaros/100 abejas) en colonias manejadas; FIVAA= 55.1%; NIVAA =  $1.96 \pm 0.44$  (ácaros/100 abejas) en enjambres silvestres (diferencias no significativas). De acuerdo con Vaziritabar *et al.* (2016); Masaquiza *et al.* (2019), ciertas poblaciones de abejas presentan tolerancia al ácaro *V. destructor*, pues sus mecanismos de defensa les permiten mantener tasas de infestación en rangos permisibles.

### **Frecuencia y niveles de infección de *Nosema spp***

A nivel estatal se encontró una FN= 91.96%, con un NIN=  $133\ 738 \pm 156\ 221$  esporas/abeja, que corresponde a una intensidad de infección muy ligera. En las cinco subregiones se encontró una frecuencia de 80 a 100%; las frecuencias observadas fueron las siguientes: Sierra (FN= 100%), Chontalpa (FN= 95.35%), Pantanos (FN= 94.44%); Centro (FN= 83.33%) y Ríos (FN= 80%). Aunque en todas las subregiones corresponden a intensidad de infección muy ligera de acuerdo con la escala de Jacox (1960), en promedio la mayor infección se encontró en Chontalpa (NIN=  $213\ 720 \pm 182\ 724$  esporas por abeja), seguido de Ríos (NIN=  $102\ 083 \pm 176\ 039$  esporas por abeja), Pantanos (NIN=  $96\ 324 \pm 98\ 595$  esporas por abeja), Sierra (NIN=  $41\ 667 \pm 15\ 138$  esporas por abeja) y Centro (NIN=  $26\ 250 \pm 16\ 084$  esporas por abeja).

Como puede observarse en la Figura 2C, hay una diferencia de más de 3 a 1 entre la desviación estándar más pequeña y la más grande, lo que indica que los datos no se ajustan a una distribución normal. La prueba Kruskal-Wallis ( $H= 0.79$ ;  $p= 0.944$ ) no existen diferencias estadísticamente significativas entre las subregiones al 95% de confianza. Al emplear como fuente de variación los municipios, el máximo NIN, se encontró en los municipios de Cunduacán (NIN=  $250\ 000 \pm 220\ 440$ ) y Comalcalco (NIN=  $240\ 948$ ), seguidos de Macuspana (NIN=  $116\ 447 \pm 109\ 612$ ) y Tenosique (NIN=  $102\ 083$ ). El 63.64% de los municipios restante presentaron  $NIN \leq 90\ 000$  esporas por abeja. Estudios similares realizados en Yucatán reportaron la presencia de *Nosema spp.*, en un 74% de colonias manejadas y un nivel de infección de  $1\ 430 \times 10^3 \pm 232 \times 10^3$  (esporas/abeja); en enjambres silvestres se observó una frecuencia de un 53%, con un nivel de infección de  $1\ 416 \times 10^3 \pm 264 \times 10^3$  (esporas/abeja).

Los resultados observados en el presente estudio coinciden con lo reportado por Martínez y Catzín (2012), quienes reportaron elevada frecuencia de *Nosema spp.* (99%), en las muestras colectadas concluyendo que la presencia de *Nosema spp.*, ha aumentado con el paso de los años en Campeche.

En el presente trabajo, hubo diferencias significativas entre apiarios (nivel de infestación muy ligera), considerando que las muestras fueron colectadas en la misma estación del año, estos resultados sugieren algún efecto por el manejo que los apicultores realizan en las colonias.

Los valores bajos encontrados en enjambres silvestres, podría explicarse de acuerdo con algunos autores como Bailey (1983), quien reportó que la manipulación constante de las colonias eleva el estrés provocando mayor incidencia de enfermedades. Las esporas de *Nosema* spp., son resistentes al ambiente, encontrándose en los desechos de las abejas o en la miel, además de permanecer viables durante un año. El número de esporas de *Nosema* spp. se incrementa al aumentar los niveles de infestación de *V. destructor*, debido a la reducción de la hemolinfa en abejas infestadas, favoreciendo la multiplicación de las esporas (Fries *et al.*, 2013); no obstante, nuestros resultados mostraron que no existe correlación significativa entre estas variables ( $r = -0.05$ ;  $p = 5.5612$ ).

Según Medina *et al.* (2014), colectaron muestras de abejas en 25 apiarios comerciales, distribuidos en 15 municipios de tres zonas ecológicas de Zacatecas; ( $n = 151$  colonias) y a mediados de la primavera de 2011 ( $n = 148$  colonias), encontrando positivas a *Nosema* spp., 4.7% de la población analizada en primavera; mientras que la mayoría de los casos de *Nosema* spp. (86%) se detectó en la zona semiseca semicálida, evidenciando el efecto de la estación del año; asimismo, indicaron que la *V. destructor* es la parasitosis más común de las abejas melíferas adultas en Zacatecas.

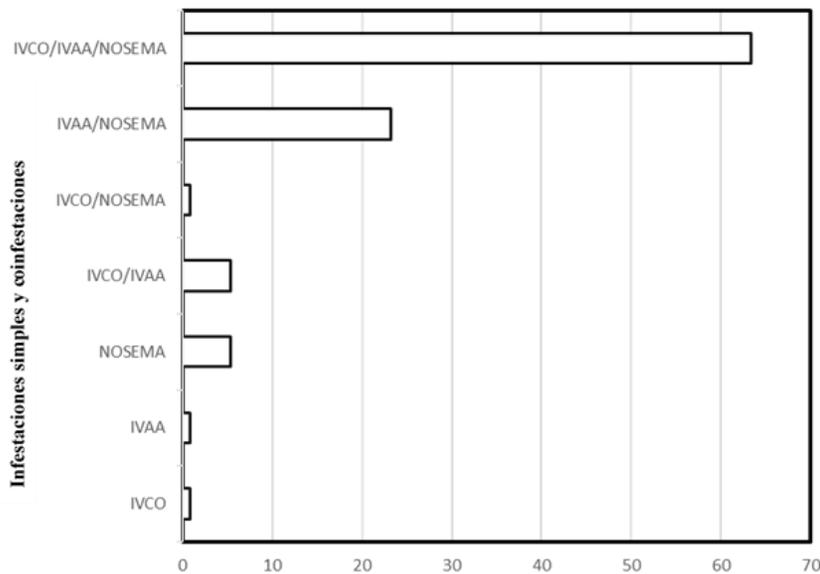
Por otro lado, Bravo *et al.* (2014), encontraron 16% de muestras positivas a *Nosema* spp., en cinco municipios de Oaxaca. Nava (1996) en la zona sur de Jalisco, en el año 1996 encontró infección muy ligera en 90% de las colonias evaluadas, años más tarde, Tapia *et al.* (2017), analizaron la relación de los factores ambientales con la FN en ocho municipios del sur sureste del estado de Jalisco (Dos municipios con clima templado subhúmedo, seis con clima cálido subhúmedo), en este estudio encontraron que el 100% de las muestras fueron positivas, 83.75% presentó entre 1 a 5 millones de esporas/abeja (Infección ligera), 13.3% presentó de 0.01 a 1 millón de esporas/abeja (Infección muy ligera), 2.6% presentó de 5 a 10 millones de esporas/abeja (infección regular) y 0.25% presentó de 10 a 20 millones de esporas/abeja (infección semisevera).

Estos autores, reportaron correlaciones negativas bajas ( $r = -0.35$ ) ( $p = 0.01$ ), entre la altitud, con la intensidad de infección de *Nosema* spp.; asimismo, hayaron débil correlación negativa entre la intensidad de infección de *Nosema* spp. ( $r = -0.12$ ) con municipios que tienen más precipitación pluvial anual sobre el promedio (953 mm), esta relación no fue significativa ( $p = 0.16$ ); sin embargo, la temperatura ambiental presentó una correlación media con la intensidad de infección de *Nosema* spp. ( $r = 0.44$ ;  $p = 0.01$ ). Lo anterior sugiere que conforme aumente la temperatura sobre el promedio de los 21°C en los municipios evaluados, aumentará la intensidad o severidad de la infección, con base en estos resultados Tapia *et al.* (2017) han sugerido la posibilidad de hacer control biológico, retirando cada año los panales más viejos en las colonias y hacer el cambio anual de reinas.

### **Presencia de *V. destructor* y *Nosema* spp.**

La presencia de *V. destructor-Nosema* spp., ocasiona una alta mortalidad de abejas, a pesar de que el número de esporas de *Nosema* spp., en el organismo de estos insectos sea mucho menor que en casos de infección de este microsporidio (Hinojosa y González, 2004). Como puede observarse en la Figura 3, se encontró 63.4% de coinfecciones triples (NIVCO-NIVAA-NIN) y 23.21% dobles (NIVAA-NIN), siendo menos frecuentes el resto de las combinaciones posibles.

Según Bravo *et al.* (2014), mediante análisis microscópico y confirmación por métodos moleculares reportaron la frecuencia de *N. ceranae* en la V región de Valparaíso, Chile, confirmando la ausencia de *N. apis*. Esto demuestra que las técnicas moleculares son de gran importancia para complementar a las técnicas convencionales de microscopía, en estudios epidemiológicos de *Nosema* spp., mismas que deberán considerarse en programas de capacitación de recursos humanos y políticas para el monitoreo de la dinámica poblacional y control apropiado de estos patógenos, ante el riesgo latente de incrementar la infección de las colonias en México.



**Figura 3. Infestación simple, mixta y tripe de *Varroa* en cría operculada (IVCO), infestación de *Varroa* en abejas adultas (IVAA) e infestación de *Nosema* (IN) en Tabasco, México.**

### Frecuencia y niveles de infestación por *A. woodi*

En la presente investigación, no se detectó la presencia de ácaros traqueales en ninguna de las muestras analizadas. García y Arechavaleta (2018) en un estudio realizado en el estado de Morelos, México, reportaron una prevalencia de *A. woodi* de 0.02 y que 10.3% de los apiarios incluidos en el estudio tuvieron al menos una colonia positiva a esta enfermedad. El porcentaje de infestación promedio en las colonias positivas fue de  $7.32 \pm 0.75$ , con un nivel mínimo de infestación de 5% y un nivel máximo de 20%. Por otro lado, Martínez *et al.* (2015), en un estudio realizado en colonias comerciales en el estado de Yucatán, México, no encontraron presencia de *A. woodi*.

## Conclusiones

Se observó la presencia de *V. destructor* en 92.86% de las colonias a nivel estatal. Sin embargo, se observó que existen diferencias en las frecuencias y niveles de infestación entre las diferentes subregiones del estado de Tabasco. Es importante que los apicultores establezcan calendarios de tratamiento para el control de *V. destructor* de acuerdo con las condiciones de cada subregión.

Se confirmó la presencia de *Nosema* spp., en Tabasco ya que a pesar de que la apicultura es una actividad importante para el estado, no existen estudios que hayan confirmado su presencia. Se observó una frecuencia de 91.96%, con un nivel de infección de  $133\ 738 \pm 156\ 221$  esporas/abeja.

No se observó la presencia de *A. woodi* en el estado, por lo que posiblemente la frecuencia de este parásito sea baja.

### Agradecimientos

El autor para correspondencia agradece a la Dirección de Desarrollo Municipal del Ayuntamiento del Municipio de Comalcalco, Tabasco, México por el apoyo logístico para la realización del muestreo. A los amigos apicultores Miel Emmanuel, Miel Costera, Mieleros de Macuspana Microregión Agua Blanca, Holcim México y Apicultores Unidos de Comalcalco, por permitir realizar las colectas en sus apiarios. Al TecNM por el financiamiento otorgado al proyecto: Determinación de *Varroa* y detección molecular de *Nosema apis* y *Nosema ceranae*, en apiarios comerciales de *Apis mellifera*, en el estado de Tabasco, México. Clave: 6328.17P.

### Literatura citada

- Acosta-Muñiz, C. H.; Romo, Ch. A. y Ríos, V. C. 2014. Detección de nosemosis en alzas de miel en colonias del estado de Chihuahua. Fundación Produce Chihuahua AC. <http://siproduce.sifupro.org.mx/seguimiento/archivero/8/2013/anuales/anu.886-6-2014-05-5.pdf>.
- Bailey, L. 1983. Patología de las abejas. (Ed.). Acribia. Zaragoza, España. 150 p.
- Bravo, J.; Carbonell, V.; Valdebenito, J. T.; Figueroa, C.; Valdovino, C. E.; Martín-Hernández, R.; Higes, M. and Delporte, C. 2014. Identification of *Nosema ceranae* in the Valparaiso District, Chile. Archivos de Medicina Veterinaria. 46:487-491.
- Buchmann, S. and Nabhan, G. 1996. The forgotten pollinators. Island Press, Washington, 1032 DC.
- Cantwell, G. E. 1970. Standard methods for counting nosema spores. Am. Bee J. 110(6):222-223.
- Casavantes, P. F. 2011. PCR identification of *Nosema apis* and *Nosema ceranae* in honeybees' colonies from beekeepers of Chihuahua. Center for Food Research and Development, Cuauhtémoc, Chihuahua, Mexico City.
- Coelho, F.; Santos, J. and Bliman, P. 2015. Behavioral modulation of the coexistence between *Apis mellifera* and *Varroa destructor*: a defense against colony collapse? Peer J. PrePrints. 17(3):39-44.
- De Jong, D.; Roma, D. A. and Goncalves, L. S. 1982. A comparative analysis of shaking solutions for the detection of *Varroa jacobsoni* on adult honeybees. Apidologie. 13:297-306.
- DOF. 1994. Diario Oficial de la Federación. NOM-001-ZOO-1994. Norma oficial mexicana, campaña nacional contra la varroosis de las abejas. [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4691340&fecha=28/04/1994](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4691340&fecha=28/04/1994).
- FAO. 2021. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Sustainable development goals. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>.
- FAO-FAOSTAT. 2021. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistics Division. Natural honey production: top 10 average producers 1993-2019. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QL/visualize>.
- Fries, I.; Chauzat, M. P.; Chen, Y. P.; Doublet, V.; Genersch, E.; Gisder, S.; Higes, M.; McMahon, D. P.; Martín-Hernández, R.; Natsopoulou, M.; Paxton, R. J.; Tanner, G.; Webster, T. C. and Williams, G. R. 2013. Standard methods for *Nosema* research. J. Apicultural Res. 52(1):12-17.

- García, F. C. y Arechavaleta, V. M. E. 2018. Prevalencia de la acariosis traqueal y niveles de infestación de *Acarapis woodi* en colonias de abejas de Morelos, México. *Rev. Mex. Cienc. Pec.* 9(3):567-575.
- Guerrero, M. C.; Correa-Benítez, A.; Hamiduzzaman, M. and Guzman-Novoa, E. 2016. *Nosema ceranae* is an old resident of honeybee (*Apis mellifera*) colonies in Mexico, causing infection levels of one million spores per bee or higher during summer and fall. *J. Invertebrate Pathol.* 141:38-40.
- Guzmán, E.; Hamiduzzaman, M.; Arechavaleta, V. M. E.; Koleoglu, G.; Valizadeh, P. and Correa, B. A. 2011. *Nosema ceranae* has parasitized Africanized honeybees in Mexico since at least 2004. *J. Apicultural Res.* 50(2):167-169.
- Hinojosa, A. y González, D. 2004. Frecuencia de parásitos en *Apis mellifera* L. en colonias del secano costero e interior de la VI Región, Chile. *Parasitol. Latinoam.* 59:137-141.
- INEGI. 2017. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Anuario estadístico y geográfico de Tabasco. 23 p. <http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod.serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva-estruc/anuarios-2017/702825095123.pdf>.
- Invernizzi, C.; Abud, C.; Tomasco, I. H.; Harriet, J.; Ramallo, G.; Campa, J.; Katz, H.; Gardiol, G. and Mendoza, Y. 2009. Presence of *Nosema ceranae* in honeybees (*Apis mellifera*) in Uruguay. *J. Invertebrate Pathol.* 101(2):150-153.
- Jaycox, E. R. 1960. Surveys for *Nosema* disease in honeybees in California. *J. Econ. Entomol.* 53:95-98.
- Klee, J.; Besana, A. M.; Genersch, E.; Gisder, S.; Nanetti, A.; Tam, D. Q.; Chinh, T. X.; Puerta, F.; Ruz, J. M.; Kryger, P.; Message, D.; Hatjina, F.; Korpela, S.; Fries, I. and Paxton, R. J. 2007. Widespread dispersal of the microsporidian *Nosema ceranae*, an emergent pathogen of the western honeybee, *Apis mellifera*. *J. Invertebrate Pathol.* 96:1-10.
- Maggi, M.; Antúnez, K.; Invernizzi, C.; Aldea, P.; Vargas, M.; Negri, P.; Brasesco, C.; De Jong, D.; Message, D.; Weinstein, T. E.; Principal, J.; Barrios, C.; Ruffinengo, S.; Rodríguez, R. D. R. and Eguaras, M. 2016. Honeybee Health in South America. *Apidologie.* 47:835-854.
- Masaquiza, M. D. A.; Curbelo, L. M.; Díaz, M. B. L. y Arenal, C. A. 2019. Varroasis y mecanismos de defensa de la abeja melífera (*Apis mellifera*). *Rev. de Producción Animal.* 31(3):2-13.
- Martínez, C. M.; Rosas-Córdoba, J.; Prieto, M. D.; Carmona, G. A.; Peña, P. B. y Ávila, R. F. 2016. Presencia de *Varroa destructor*, *Nosema apis* y *Acarapis woodi* en abejas (*Apis mellifera*) de la región oriente del Estado de México. *Abanico Veterinario.* 6(2):30-38.
- Martínez, P. J. F. y Catzín, V. G. A. 2012. Diagnóstico sanitario de los principales parásitos (*Varroa destructor*, *Nosema apis* y *Acarapis woodi*) en abejas melíferas (*Apis mellifera*) en la zona centro del estado de Campeche, México. *In: XXVI Seminario Americano de Apicultura.* Tepic, Nayarit. Organización Nacional de Apicultores. 202-206 pp.
- Martínez, J.; Leal, G. and Conget, P. 2012. *Nosema ceranae* an emergent pathogen of *Apis mellifera* in Chile. *Parasitol. Res.* 111:60-607.
- Martínez, P. J. F. y Cetzal, I. W. 2018. La importancia de los estudios epidemiológicos en las colonias de abejas melíferas (*Apis mellifera*) en la península de Yucatán, México. *J. Selva Andina Animal Sci.* 5(1):1-2.
- Martínez, P. J. F.; Medina, M. L. A. y Catzín, V. G. 2011. Frecuencia de *Varroa destructor*, *Nosema apis* y *Acarapis woodi* en colonias manejadas y enjambres silvestres de abejas (*Apis mellifera*) en Mérida, Yucatán, México. *Rev. Mex. Cienc. Pec.* 2(1):25-38.

- Martínez, P. J. F.; Medina, M. L. A.; Leal, H. M. y Merlo, M. F. E. 2015. Frecuencia de *Varroa destructor*, *Nosema* spp. y *Acarapis woodi* en colonias comerciales de abejas (*Apis mellifera*) en Yucatán, México. *J. Selva Andina Animal Sci.* 2(1):2-12.
- Medici, S. K.; Sarlo, E. G.; Porrini, M. P.; Braunstein, M. and Eguaras, M. J. 2011. Genetic variation and widespread dispersal of *Nosema ceranae* in *Apis mellifera* apiaries from Argentina. *Parasitol. Res.* 110:859-864.
- Medina, F. C. A.; Guzmán, N. E.; Espinosa, M. K. G.; Uribe, R. J. L.; Gutiérrez, L. R. y Gutiérrez, P. F. J. 2014. Frecuencia de varroosis y nosemosis en colonias de abejas melíferas (*Apis mellifera*) en el estado de Zacatecas, México. *Rev. Chapingo Ser. Cienc. Forest. Amb.* 20(3):159-167.
- Nava, B. M. 1996. Nosemosis en abejas (*Apis mellifera*) en la región sur del estado de Jalisco, México. Tesis licenciatura. Universidad de Guadalajara. Jalisco, México.
- OIE. 2008. Nosemosis de las abejas melíferas. Manual terrestre. Organización Mundial de Sanidad Animal. 388-393 pp.
- Paxton, R. J. 2010. Does infection by *Nosema ceranae* cause ‘colony collapse disorder’ in honeybees (*Apis mellifera*)? *J. Apicultural Res.* 49:80-84.
- Roy, D.; Debnath, P.; Mondal, D. and Kanti, S. P. 2018. Colony collapse disorder of honeybee: a neoteric ruction in global apiculture. *Current J. Appl. Sci. Technol.* 26(3):1-12.
- Shakib, V. and Mehdi, E. S. 2016. Unprecedented first record of infestation level *Acarapis woodi* (Rennie) and overwintering ability in Savojbolagh regions of Alborz province in Iran. *J. Entomol. Zoology Stud.* 4:1-13.
- SIAP. 2021. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Base de datos de la actividad agrícola, pecuaria y pesquera en México. <http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance-siap-gb/pecAvanceEdo.jsp>.
- Singh, S.; Makkar, G. S. and Chhuneja, P. K. 2013. Record of parasitic mites associated with different species of honeybees in India. *Insect Enviroment.* 19:37-42.
- Steel, R. G. D. y Torrie, J. H. 1988. Bioestadística: principios y procedimientos. 1ª (Ed.). Español. McGraw Hill, México. 622 p.
- Tapia, G. J. M.; Alcazar, O. G.; Macías, M. J. O.; Contreras, E. F.; Tapia, R. J. C.; Chavoya, M. F. J. y González, J. C. 2017. Nosemosis en abejas melíferas y su relación con factores ambientales en Jalisco, México. *Rev. Mex. Cienc. Pec.* 8(3):325-330.
- Thrusfield, M. 2007. Veterinary epidemiology. 3<sup>rd</sup> (Ed.). Reissued in pbk. with updates. Oxford, Blackwell Science. 610 p.
- Van Engelsdorp, D.; Hayes, J.; Hunderwood, R. M. and Pettis, J. 2008. A survey of honeybee colony losses in the USA. Fall 2007 to spring 2008. *Public Library of Science.* 4071:1-6.
- Vaziritaba, S.; Aghamirkarim, A. and Mehdi, S. 2016. Evaluation of the defensive behavior in two honeybee races Iranian honeybee (*Apis mellifera meda*) and Carniolan honeybee (*Apis mellifera carnica*) and grooming behavior of different bee races in controlling *Varroa destructor* mite in honey. *J. Entomol. Zoology Stud.* 4(5):586-602.
- Wilson, W. and Nunamaker, R. 1983. The incidence of *Nosema apis* Z. in honeybees in Mexico. *Bee World.* 64(3):132-136.