

**Efecto de tres dietas energético-proteicas en la población de abejas y producción de miel en colonias de *Apis mellifera***  
**Effect of three energy-protein diets on honey bee population and honey production of *Apis mellifera* colonies**

C.A. Medina Flores<sup>1</sup>, E. Guzmán Novoa<sup>2</sup>, S. Saldívar Frausto<sup>1</sup> y J. Aguilera Soto<sup>1</sup>

**Palabras clave:** *Apis mellifera*; jarabe de azúcar; jarabe de maíz de alta fructosa; suplemento proteico; producción de miel

**Keywords:** *Apis mellifera*; sugar syrup; high fructose corn syrup; protein supplement; honey production

Recepción: 15-08-2017 / Aceptación: 05-10-2017

## Resumen

El objetivo del presente trabajo fue comparar el desarrollo poblacional, peso y producción de miel en colonias de abejas melíferas (*Apis mellifera*) alimentadas con tres dietas energético-proteicas a base de un suplemento elaborado con levadura de cerveza y polen, en combinación con jarabe de maíz de alta fructosa al 55% (JMAF), jarabe de sacarosa (JA), o jarabe de sacarosa invertido (JAI). Se utilizaron 90 colonias homogeneizadas en cuanto a tamaño poblacional, reservas de alimento y origen y edad de las reinas, todas alimentadas con el suplemento proteico, pero además, 30 de ellas recibieron JMAF, 30 JA y 30 JAI. La población de abejas adultas, área de cría operculada, peso y producción de miel de las colonias se determinó a los 27, 49 y 76 días después de haber sido establecidas y alimentadas con las dietas. Las colonias alimentadas con JMAF fueron significativamente más pesadas que las alimentadas con JA y JAI entre las cuales no hubo diferencias. Las colonias alimentadas con JMAF produjeron significativamente más miel ( $35.8 \pm 3.35$  kg) que las alimentadas con JA ( $28.2 \pm 2.65$ ) y con JAI ( $24.8 \pm 2.70$  kg), entre las cuales no hubo diferencias. Los resultados sugieren que el uso de JMAF en combinación con un suplemento proteico en la alimentación artificial de las colonias de abejas melíferas estimula su crecimiento poblacional y la producción de miel, representando una opción más eficiente en comparación con las alimentadas con el suplemento proteico más el JA y JAI.

## Abstract

The objective of this study was to compare the population, weight and honey production of honey bee (*Apis mellifera*) colonies fed with three different energy-protein diets based on a feed supplement made with brewer's yeast and pollen, in combination with 55% high fructose corn syrup

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. E-mail: carlosmedina@uaz.edu.mx

<sup>2</sup>School of Environmental Sciences, University of Guelph, Canada

(JMAF), or sucrose syrup (JA), or inverted sucrose syrup (JAI). Ninety colonies equalized in terms of population size, food stores and queen origin and age were used. All colonies were fed the protein supplement, but 30 of them were fed JMAF, 30 JA and 30 JAI. The adult bee population, capped brood area, weight and honey production of the colonies was determined at 27, 49 and 76 days after they were established and fed with the diets. Colonies fed JMAF were significantly heavier than those fed JA and JAI, between which there were no differences. JMAF-fed colonies produced significantly more honey ( $35.8 \pm 3.35$  kg) than those fed JA ( $28.2 \pm 2.65$ ) and JAI ( $24.8 \pm 2.70$  kg), between which there were no differences. These results suggest that the use of JMAF in combination with a protein supplement to stimulate honey bee colonies represents a more efficient option than the use of JAI and JAI with protein supplementation.

---

## **Introducción**

La alimentación artificial de las colonias de abejas melíferas (*Apis mellifera*) con fuentes energéticas y proteicas constituye un factor fundamental para el mantenimiento y supervivencia de las colonias de abejas durante las épocas críticas de floración cuando no existen de manera natural estos recursos en el campo. Asimismo, la alimentación artificial contribuye a la estimulación del desarrollo poblacional de las colonias previo a los flujos de néctar, lo cual posibilita un mejor aprovechamiento de los recursos naturales (néctar y polen) y mayores rendimientos en la producción de las colonias (Szabo y Lefkovich, 1989). Entre las alternativas de suplementación energética para las abejas se encuentran el jarabe de azúcar común o sacarosa (JA), el jarabe de maíz de alta fructosa (JMAF) y el jarabe de sacarosa invertida (JAI). En cuanto a la suplementación proteica, la mayoría de las dietas están elaboradas a base de harina de soya y/o levadura de cerveza.

El JA se elabora mezclando agua con sacarosa, usualmente en una proporción de 1:1 (volumen: peso), y es la fuente de carbohidratos más utilizada para la alimentación de abejas melíferas en el mundo (Somerville, 2005). Sin embargo, aun cuando en México existe una elevada producción de sacarosa, su precio es elevado y se ha incrementado en más del 55% en los últimos años (SNIIM, 2013). El JMAF se obtiene a partir del almidón del maíz (*Zea mays*) y se ha utilizado para la alimentación de abejas en concentraciones de 42 o 55% de azúcares. A diferencia del JA, el JMAF no requiere de preparación alguna, no estimula el pillaje de las abejas y su pH ácido permite su almacenamiento por largos periodos de tiempo sin riesgos de fermentación (Leblanc, 2009) ni contaminaciones bacterianas (Ruíz-Matute *et al.*, 2010). Sin embargo, su disponibilidad

es limitada (Dizaji *et al.*, 2007) y sí se almacena por mucho tiempo a altas temperaturas puede incrementar la concentración de hidroximetilfurfural (HMF) y otras sustancias tóxicas para las abejas, pudiendo causar mortalidad en las colonias (Leblanc *et al.*, 2009). Otra alternativa de suplementación energética es el uso de jarabe de sacarosa invertida (JAI), el cual es el resultado de la hidrólisis de la sacarosa por medio de una reacción ácida (con ácido láctico o cítrico) o por el catabolismo de la enzima invertasa ( $\beta$ -D-fructofuranosidasa), proceso que incorpora una molécula de agua y desdobra a la sacarosa en glucosa y fructosa.

Solo los monosacáridos pueden pasar a través de la pared del intestino a la hemolinfa de las abejas para su posterior uso metabólico, por lo que al suministrar jarabe de sacarosa, las abejas deben digerirlo para desdoblar la sacarosa en glucosa y fructosa, lo que requiere una inversión energética de hasta el 23% del JA suministrado (Ceksteryte y Racys, 2006). Para ahorrarles este gasto fisiológico a las abejas, el uso de jarabes que contienen monosacáridos podría representar una alternativa de alimentación energética más eficiente y más económica para los apicultores que el JA, ya que generan energía de forma más directa para ser aprovechada por el organismo de los insectos (Gehlawat, 2001).

Además de una fuente energética, las colonias de abejas requieren una fuente de proteínas, lípidos y vitaminas como los contenidos en el polen. El uso de carbohidratos suplementarios en épocas de escasez tiene un importante valor estimulante para la postura de huevos de las reinas, pero esta postura no es sostenida en ausencia de polen. Las abejas adultas pueden sobrevivir solo con carbohidratos, pero para el desarrollo de la cría y abejas jóvenes es necesario una fuente de proteínas y de lípidos en adición a la energética (Standifer *et al.*, 1977). Cuando la disponibilidad de polen es limitada, el suministro de suplementos proteicos (dietas con alto contenido de proteína con hasta 25% de polen) y/o sustitutos proteicos (dietas con alto contenido de proteína sin polen; Standifer *et al.*, 1977), es recomendable para mantener una población de abejas que permita la sobrevivencia de la colonia y la resistencia a diversos factores estresantes (DeGrandi-Hoffman *et al.*, 2008; Li *et al.*, 2012).

La mayoría de los apicultores que suplementan a sus colonias lo hacen suministrando solamente JA. Algunos apicultores utilizan la enzima invertasa para elaborar JAI y pocos utilizan el JMAF. Además, es poco común que los apicultores utilicen suplementos proteicos en sus colonias. Estas formas de alimentación de las colonias de abejas con fuentes energéticas y proteicas son empíricas ya que no existen estudios comparativos del efecto de jarabes como el JA, JAI y

JMAF en combinación con suplementos proteicos sobre el desarrollo poblacional y productividad de las colonias de abejas melíferas. Es importante generar esa información para determinar que combinación de alimentación suplementaria es más eficiente y cual resulta en un mayor desarrollo poblacional y su posterior producción de miel en las colonias de abejas melíferas.

El objetivo del presente estudio fue comparar tres dietas energético-proteicas elaboradas a base de JMAF, JA y JAI además de un suplemento proteico común para todas las dietas, y su efecto sobre el desarrollo poblacional y la producción de miel de colonias de abejas melíferas.

## **Material y métodos**

### **Ubicación**

El trabajo fue realizado en un apiario experimental perteneciente a la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Zacatecas ubicada en El Cordovel, Gral. Enrique Estrada, municipio del estado de Zacatecas, México (21°30' N, 103°33' O). Esta región se caracteriza por presentar un clima tipo semiseco templado, con una precipitación media anual de 400 a 700 mm y una temperatura media anual de 18° C (INEGI, 2010).

### **Colonias experimentales y dietas**

Se utilizaron 90 colonias de abejas melíferas alojadas en colmenas tipo Jumbo, y todas las colonias se establecieron en un solo apiario durante la última semana del mes de junio, que es la época del año cuando se registra la menor cantidad de recursos alimenticios disponibles en el campo y generalmente es hasta el mes de septiembre cuando inicia la floración en la región. Dicho periodo de tiempo (junio a septiembre= 76 días) es el adecuado para que las colonias experimentales conformadas con cuatro panales (tres con cría y uno con alimento) alcancen su completo desarrollo justo al inicio de la floración esperada. Las colonias de abejas fueron homogeneizadas en población y reservas de alimento e iniciaron el experimento con condiciones estadísticamente similares respecto a la cantidad de abejas adultas ( $12,292 \pm 395$ ;  $F_{2, 87} = 0.10$ ,  $P=0.90$ ), peso de las colonias ( $7.8 \pm .37$  kg;  $F_{2, 87} = 0.24$ ,  $P=0.78$ ), áreas de cría operculada ( $2,305 \pm 121$  cm<sup>2</sup>;  $F_{2, 87} = 0.55$ ,  $P=0.57$ ), reservas de miel ( $1,811 \pm 178$  cm<sup>2</sup>;  $F_{2, 87} = 0.18$ ,  $P=0.83$ ) y polen ( $458 \pm 76$  cm<sup>2</sup>;  $F_{2, 87} = 1.56$ ,  $P=0.21$ ). Las reinas utilizadas eran hermanas de la misma generación y origen. Se formaron tres grupos experimentales, cada uno integrado con 30 colonias de abejas. Las colonias iniciaron el experimento con niveles bajos de infestación por *Varroa destructor* (promedio de 0.5%) y sin

variación entre los grupos de colonias ( $F_{2, 87}=0.30$ ,  $P=0.74$ ), y no se aplicó durante este periodo ningún tipo de tratamiento. Esto garantizó que las colonias de abejas de los tres grupos experimentales iniciaran con las mismas condiciones sanitarias respecto a este parásito.

Las colonias de los tres grupos experimentales fueron alimentadas semanalmente con 1.5 Lt del jarabe correspondiente, a través de alimentadores tipo Boardman. Las colonias del primer grupo experimental fueron alimentadas con JMAF-55, el segundo grupo experimental recibió JA al 50% (una parte de agua por una de azúcar) y el tercer grupo de colonias fue alimentado con JAI. El JAI fue preparado adicionando 1 ml de la enzima invertasa por cada kg de azúcar al momento de preparar el JA al 50%, dejando el jarabe tratado reposar durante 24 h, de acuerdo con las instrucciones del fabricante (Enmex S.A de C. V.) que ofrece el producto a los apicultores. El suplemento proteico (27% de PC) fue elaborado con 70% de levadura de cerveza, 10% de polen y 20% de JMAF para dar una consistencia pastosa a la dieta y se proporcionó semanalmente 250 g de este suplemento proteico (SP) a todas las colonias de los tres grupos experimentales.

### **Evaluación del desarrollo poblacional y ganancia de peso**

La estimación de la población de cría en las colonias experimentales se realizó fotografiando los panales con cría operculada en ambos lados de los panales y posteriormente con el uso del programa de cómputo ImageJ se determinó el área ( $\text{cm}^2$ ) de cría operculada para cada colonia (Delaplane *et al.*, 2013). Para estimar la población de abejas adultas de las colonias, antes del inicio del experimento se determinó el promedio del número de abejas de 20 panales Jumbo seleccionados al azar de diferentes colonias ajenas al experimento, esto con la finalidad de no alterar las condiciones poblacionales de las colonias experimentales. La población de abejas adultas para cada colonia se estimó multiplicando el número de panales cubiertos con abejas presentes en cada colonia por el promedio de abejas (2,399) estimado en los 20 panales (Szabo y Lefkovich, 1989; Nasr *et al.*, 1990).

La ganancia neta de peso de las colonias experimentales se determinó restando el peso del equipo (piso, cámara de cría, techo y panales) del peso total de cada colmena. Las mediciones se realizaron aproximadamente cada tres semanas, esto con el propósito de medir el desarrollo gradual de las colonias, permitiendo la emergencia de las abejas, la construcción de panales, la acumulación de reservas y la ganancia de peso. Todas las mediciones se realizaron los días 27, 49 y 76 después de iniciado el experimento y durante el periodo de la tarde cuando la mayoría de las abejas se

encontraban en el interior de las colmenas. La administración de los suplementos se suspendió en la primera semana de septiembre, lo cual evitó alteraciones en la miel cosechada en noviembre.

### **Evaluación de la producción de miel**

Previo al inicio de la floración predominante de girasol (*Helianthus annuus*) y aceitilla (*Bidens odorata*), las colonias fueron provistas con alzas conteniendo panales construidos. La producción de miel se determinó utilizando la metodología descrita por Guzmán-Novoa y Page (1999), la cual consiste en registrar el número de panales con miel colectados de cada colonia durante la cosecha. Posteriormente, una vez que la miel fue extraída y pesada, la producción total se dividió entre el número total de panales cosechados de todas las colonias con la finalidad de obtener un peso promedio por panal. Este peso promedio se multiplicó por el número de panales cosechados de cada colonia, con la finalidad de obtener un valor estimado de rendimiento individual de las colonias.

### **Análisis estadístico**

Los datos obtenidos sobre el porcentaje de infestación por *Varroa destructor* en abejas fueron transformados a la raíz cuadrada del arcoseno para garantizar la normalidad de su distribución (Zarr, 1999). Para determinar si hubo diferencias entre los tres grupos de colonias (JMAF, JA y JAI) respecto a las variables medidas, los datos se sometieron a análisis de varianza de mediciones repetidas y las medias se compararon con la prueba Newman-Keuls. Para identificar posibles relaciones entre las variables medidas, se utilizó la prueba de correlación de Pearson (SAS, 2002).

### **Resultados**

Las colonias alimentadas con JMAF+SP presentaron mayores áreas de cría operculada y una mayor población de abejas adultas que las alimentadas con el JA+SP o con JAI+SP, pero estas diferencias no fueron estadísticamente significativas entre los grupos experimentales para ambas variables. Sin embargo, se registraron diferencias significativas entre los tratamientos en relación a la variable ganancia de peso. El día 49 y 76 del experimento, las colonias alimentadas con JMAF+SP presentaron un peso significativamente mayor que las colonias alimentadas con JA+SP y JAI+SP, entre las cuales no hubieron diferencias significativas (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Área de cría operculada, población de abejas y peso en colonias de abejas alimentadas con jarabe de maíz de alta fructosa (JMAF), jarabe de azúcar (JA) y jarabe de azúcar invertido (JAI) y suplemento proteico a base de levadura de cerveza y polen.

Cría operculada (cm <sup>2</sup> )	Días del experimento			Valores de F y P		
	27	49	76	Tratamiento	Días	Interacción
JMAF	3,619±235	3,662±192	4,728±225	F=1.23	F=47.0	F=0.63
JA	3,250±220	3,297±226	4,223±328	P=0.38	P <.0001	P=0.73
JAI	3,495±222	3,320±224	4,195±288			
<b>Población de abejas</b>						
JMAF	17,352±939	20,151±902	21,670±965	F=2.10	F= 51.3	F=0.35
JA	16,073±755	18,232±917	19,831±1090	P= 0.19	P <.0001	P=0.85
JAI	15,433±751	18,792±1003	19,911±942			
<b>Peso (kg)</b>						
JMAF	9.5±.45 <sup>a</sup>	11.2±.53 <sup>a</sup>	13.3±.62 <sup>a</sup>	F=7.31	F=160	F=11.35
JA	8.5±.27 <sup>a</sup>	9.46±.34 <sup>b</sup>	10.7±.47 <sup>b</sup>	P=0.001	P<.0001	P<.0001
JAI	8.6±.37 <sup>a</sup>	9.3±.43 <sup>b</sup>	10.3±.49 <sup>b</sup>			

Los valores de F y P son derivados del análisis de varianza de mediciones repetidas y las diferentes literales en una misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos, basadas en la prueba de comparaciones múltiples de Newman-Keuls.

El promedio de producción de miel de todas las colonias independientemente de su tratamiento fue de 29.6±1.73 kg, pero la producción de miel varió significativamente entre los tratamientos ( $F_{2, 87}=3.75$ ,  $P=0.027$ ). Las colonias que recibieron la dieta a base de JMAF+SP produjeron en promedio 35.8±3.3 kg de miel, las alimentadas con JA+SP 28.2±2.6 Kg y las que recibieron JAI+SP 24.8±2.7 kg. No hubieron diferencias significativas para la producción de miel entre las colonias alimentadas con JA+SP y las alimentadas con JAI+SP ( $P>0.05$ ).

Sin considerar al tratamiento de las colonias y tomando en cuenta los valores de población de abejas, área de cría operculada, peso de las colonias a los 76 días del experimento y de la producción de miel, se observaron correlaciones positivas y significativas entre todas las variables mencionadas; los valores de correlación se presentan en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Coeficientes de correlación entre la población de abejas, áreas de cría operculada, peso y producción de miel a los 76 días del experimento, en colonias pertenecientes a los tres tratamientos.

Variable	Área de cría operculada	Población de abejas	Peso
Población de abejas	0.68		
Peso	0.47	0.62	
Producción de miel	0.66	0.65	0.59

Todas las correlaciones fueron estadísticamente significativas ( $P < 0.0001$ ). Los coeficientes de correlación fueron obtenidos mediante la prueba de Pearson; la n en todas las variables fue de 90 colonias.

## **Discusión**

En el presente estudio se suministró la misma fuente de proteínas para cada grupo de colonias alimentadas con los diferentes jarabes con el objetivo de determinar cuál fuente de carbohidratos combina mejor con la fuente proteica para incentivar la producción de cría y abejas y posteriormente producir más miel. Los resultados mostraron que aunque las colonias que recibieron el suplemento proteico más el JMAF tuvieron al menos 12% más cría y 10% más abejas que las colonias que recibieron suplemento proteico y JA y JAI en la última medición (día 76), los tratamientos no difirieron significativamente. En contraposición a estas diferencias no significativas para cría y población adulta, el grupo de colonias que recibió suplemento proteico y JMAF pesó al menos 24% más y produjo al menos 27% más miel que los grupos de colonias que recibieron suplemento proteico y JA o JAI, siendo estas diferencias estadísticamente significativas.

Similar a este trabajo, en otros estudios no se encontraron diferencias respecto a la población de abejas adultas entre colonias alimentadas con JMAF y con JA (Sammataro y Weiss, 2013; Semkiw y Skubida, 2016). Sin embargo, existen algunas contradicciones entre los resultados de estudios previos que se aproximan a las condiciones de nuestro experimento y los resultados de esta investigación. Por ejemplo, se ha reportado mayor cantidad de cría operculada en colonias alimentadas con JA que en colonias alimentadas con JMAF durante una época del año, aunque no en otra (Severson y Erickson, 1984; Tremblay *et al.*, 2011; Sammataro y Weiss, 2013). En otro estudio, la ganancia de peso y la producción de miel fueron similares entre colonias alimentadas con ambos jarabes (Severson y Erickson, 1984). Estas diferencias pudieran deberse a diferencias experimentales o medioambientales y al hecho de que en los estudios antes mencionados, no se utilizaron los jarabes en combinación con un suplemento proteico como en este estudio, lo cual puede favorecer el desarrollo de las colonias de manera diferenciada, dependiendo del tipo de jarabe que se utilice. La anterior hipótesis se desprende de que en nuestro estudio, el JMAF y la fuente proteica influenciaron una mayor ganancia de peso y producción de miel en comparación con las colonias alimentadas con la misma fuente proteica pero con JA y JAI. Además, estos resultados coinciden con los de Jonhson *et al.* (2014) quienes encontraron que además de ser más

pesadas, las colonias alimentadas con JMAF tuvieron mejores condiciones sanitarias que las alimentadas con sacarosa.

Las colonias alimentadas con JMAF y el suplemento proteico tuvieron más población de abejas adultas y áreas de cría operculada que las colonias alimentadas con JA y JAI más suplemento proteico, y aunque esta diferencia no fue significativa, probablemente las colonias alimentadas con JMAF fueron más pesadas y produjeron más miel que las alimentadas con JA y JAI debido a que ésta mayor población representó una ventaja para la producción de miel. Esta hipótesis se basa en el conocimiento de que la producción de miel es el resultado del tamaño poblacional de las colonias, debido a que al incrementarse la población de la colonia se incrementa de manera diferencial la proporción de abejas pecoreadoras y por lo tanto las colonias con más abejas producen más miel por abeja (más eficientemente) que las de menor población, en las cuales una alta proporción de abejas se ocupan en el cuidado de las crías y menos en el pecoreo (Farrar, 1968).

Basado en los resultados del presente estudio y en los obtenidos en trabajos previos (Severson y Erickson, 1984; Sammataro y Weiss, 2013), el JMAF representa una buena alternativa de alimentación energética para las colonias de abejas, considerando los efectos positivos en el desarrollo poblacional y la producción de miel de las colonias y a que su costo es aproximadamente un 30% menor que el JA. Sin embargo, la disponibilidad del JMAF para los apicultores con reducido número de colonias dependerá de su localización geográfica y organización gremial. Para reducir los efectos adversos del JMAF, se recomienda tomar precauciones que eviten su calentamiento, tal como almacenarlo bajo temperatura controlada. Respecto al uso de suplementos proteicos, estos son mejor consumidos por las abejas debido a que el polen contenido aporta fagoestimulantes a la dieta. Sin embargo, pueden ser más costosos y tener mayor riesgo de transmitir agentes patógenos que los sustitutos proteicos (Brodschneider y Crailsheim, 2010).

El análisis de correlación permitió observar que existe relación positiva y significativa entre las áreas de cría operculada, población de abejas, ganancia de peso y la producción de miel de las colonias, lo cual indica que al incrementarse una de estas variables se incrementan también las otras. Estos resultados coinciden con los reportados por Szabo y Lefkovitch (1988), por lo que la determinación de las poblaciones o de la ganancia de peso en las colonias representa una herramienta práctica para predecir la producción de miel con fines económicos o para la selección de colonias en programas de mejoramiento genético.

En conclusión, este estudio demuestra que para la región donde se realizó el trabajo y bajo las condiciones experimentales utilizadas, la suplementación de las colonias con una dieta a base de JMAF más suplemento proteico antes de la floración, resulta en mayor peso y producción de miel de las colonias en comparación con dietas a base de JA o JAI además del suplemento proteico. Futuros trabajos serán necesarios para confirmar estos resultados en otras regiones, lo que permitirá generar mejores alternativas de alimentación suplementaria en las colonias de abejas durante las épocas críticas de floración.

### **Agradecimientos**

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Gobierno estatal de Zacatecas, por el financiamiento otorgado (proyecto: FOMIX:ZAC-2011-C01-172749). También al Sr. Arnulfo Ordoñez Maldonado y la empresa Miel Norteña S. de R.L. de C.V. por el financiamiento parcial al proyecto.

### **Referencias**

- Brodshneider, R., Crailsheim, K. (2010). Nutrition and health in honey bees. *Apidologie*. 41: 278-294.
- Ceksteryte, V., Racys, J. (2006). The quality of syrups used for bee feeding before winter and their suitability for bee wintering. *Journal of Apicultural Science*. 50:5-14.
- DeGrandi-Hoffman, G., Wardell, G., Ahumada-Segura, F., Rinderer, T., Danka, R., Pettis, J. (2008). Comparisons of pollen substitute diets for honey bees: consumption rates by colonies and effects on brood and adult populations. *Journal of Apicultural Research*. 47: 265-270.
- Delaplane, K.S., Van der, Steen, J., Guzmán-Novoa, E. (2013). Standard methods for estimating strength parameters of *Apis mellifera* colonies. *Journal of Apicultural Research*. 52:1-12.
- Dizaji, A.A., Alishah, H.M., Aragi, A. (2007). The effect of different carbohydrate on laying queen and honey storage in honeybee colonies. *Journal of Biological Sciences*. 7:706-708.
- Farrar, C. L. (1968). Productive management of honeybee colonies. *American Bee Journal*. 108: 95-97.
- Gehlawat, J.K. (2001). New technology for invert sugar and high fructose syrups from sugarcane. *Indian Journal of Chemical Technology*. 8:28-32.

- Guzmán-Novoa, E., Page, R. (1999) Selective breeding of honey bees (Hymenoptera: Apidae) in africanized areas. *Journal of Economical and Entomology*. 92:521-525.
- INEGI. (2010). Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Municipios de Zacatecas. 234-235.
- Johnson, B. R., Synk, W., Jasper, W.C., Müssen, E. (2014). Effects of high fructose corn syrup and probiotics on growth rates of newly founded honey bee colonies. *Journal of Apicultural Research*. 53:165-170.
- LeBlanc, W., Eggleston, G., Sammataro, D., Cornett, C., Dufault, R., Deeby, T. St., Cyr, E. (2009). Formation of hydroxymethylfurfural in domestic highfructose-corn syrup and its toxicity to the honey bee (*Apis mellifera*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 57: 7369-7376.
- Li, C., Xu, B., Wang, Y., Feng, Q., Yang, W. (2012). Effects of dietary crude protein levels on development, antioxidant status, and total midgut protease activity of honey bee (*Apis mellifera ligustica*). *Apidologie*, 43:576-586.
- Nasr, M.E., Thorp, R.W., Tyler, T.L., Briggs, D.L. (1990). Estimating honey bee (Hymenoptera: Apidae) colony strength by a simple method: measuring cluster size. *Journal of Economic Entomology*. 83:748-754.
- Ruiz-Matute, A. I., Weiss, M., Sammataro, D., Finely, J., Sanz, M. L. (2010). Carbohydrate composition of high-fructose corn syrups (HFCS) used for bee feeding: effect on honey composition. *Journal of agricultural and food chemistry*. 58:7317-7322.
- Sammataro, D., Weiss, M. (2013). Comparison of productivity of colonies of honey bees, *Apis mellifera*, supplemented with sucrose or high fructose corn syrup. *Journal of Insect Science*. 13:1-13.
- SAS. (2002). *Statistical Analysis System*. version 9.0 , Cary, NC.
- Semkiw, P., Skubida, P. (2016). Suitability of Starch Syrups for Winter Feeding of Honeybee Colonies. *Journal of Apicultural Science*. 60:141-152.
- Severson, D.W., Erickson, E.H. (1984). Honey bee (Hymenoptera: Apidae) colony performance in relation to supplemental carbohydrates. *Journal of Economic Entomology*. 77:1473- 1478.
- SNIIM. (2013). Mercados nacionales agrícolas. Secretaria de Economía. Resumen mensual de precios de azúcar. [http://www.economia-sniim.gob.mx/Sniim-anANT/e\\_Azucar03.asp?producto=156&ingenio=1&mercado=320&dia1=01&dia2=31&mes=01&anio=2013&detalle=S&x=54&y=21](http://www.economia-sniim.gob.mx/Sniim-anANT/e_Azucar03.asp?producto=156&ingenio=1&mercado=320&dia1=01&dia2=31&mes=01&anio=2013&detalle=S&x=54&y=21).

- Somerville, D. (2005) Fat bees skinny bees a manual on honey bee nutrition for beekeepers-. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. 05/054.
- Standifer, L.N., Moeller, F.E., Kauffeld, N.M., Herbert, E.W.Jr., Shimanuki, H. (1977). Supplemental Feeding of Honey Bee Colonies. United States Department of Agriculture Agriculture Information Bulletin. 413-418.
- Szabo, T.I., Lefkovich, L.P. (1989). Effect of brood production and population size on honey production of honeybee colonies in Alberta, Canada. *Apidologie*. 20:157-163.
- Szabo, T.I., Lefkovich, L.P. (1988). Fourth generation of closed population honeybee breeding. 2. Relationship between morphological and colony traits. *Apidologie*. 19:259-274.
- Tremblay, N., Martin, G., Giovenazzo, P. (2011). Comparaison de différentes solutions de nourrissage automnal sur la santé, la survie hivernale et le développement printanier des colonies d'abeilles domestiques (*Apis mellifera* Linnaeus). Centre de Recherche en Sciences Animales de Deschambault, Quebec, Canada.  
[http://www.crsad.qc.ca/no\\_cache/recherche/projets-de-recherche/?tx\\_centrerecherche\\_pi1\[showUid\]=387](http://www.crsad.qc.ca/no_cache/recherche/projets-de-recherche/?tx_centrerecherche_pi1[showUid]=387)
- Zarr, J. H. (1999). *Biostatistical analysis*. Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey.