

INFLUENCIA DEL AMBIENTE SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE LA SEGUNDA COSECHA DE MIEL DE ABEJA EN AGUASCALIENTES DE 1998 A 2010

ENVIRONMENTAL INFLUENCE ON THE PRODUCTIVITY OF THE SECOND HONEY HARVEST IN AGUASCALIENTES FROM 1998 TO 2010

Sergio E. Medina-Cuéllar¹; Marcos Portillo-Vázquez¹; José M. García Álvarez-Coque²; Gerardo H. Terrazas-González¹; Laura L. Alba-Nevárez³.

¹Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km 38.5. C. P. 56230. Chapingo, Texcoco, Estado de México, MÉXICO.

Correo-e: don_sergio@hotmail.com Tel.: (595) 95 21668 (Autor para correspondencia).

²Universitat Politècnica de València. Camino de Vera s/n. C. P. 46071. Valencia, España.

³Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga. Carretera a la Estación de Rincón km 1. C. P. 20670. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, MÉXICO.

RESUMEN

Se analizó el efecto de la temperatura, precipitación, superficie cosechada de cultivos de temporal y trabajo aplicado sobre la producción apícola en la segunda temporada de cosecha de miel de abeja de los años 1998 a 2010, en Aguascalientes. El análisis se hizo a través del modelado de una función tipo Cobb-Douglas por mínimos cuadrados en dos etapas. El criterio de selección de las variables se fundamentó en trabajos referentes tanto a la fenología de las abejas y de la fuente de néctar predominante, como al diseño de la función de producción. Se obtuvo un modelo basado en datos anuales de cada apiario (78 apiarios) considerando 4,901 colmenas, obteniendo R^2 en diferencias de 0.71. Las elasticidades de la producción de miel por colmena con relación a la precipitación, superficie cosechada y trabajo aplicado resultaron positivas, y fueron negativas respecto a la producción de miel del año anterior y a la temperatura. El clima y el trabajo aplicado por colmena fueron los factores responsables de la variabilidad del rendimiento de miel por colmena.

PALABRAS CLAVE: Modelo bioeconómico, apicultura, función Cobb-Douglas, clima.

ABSTRACT

We analyzed the effect of temperature, rainfall, rainfed harvested area and labor applied on honey production in the second honey harvest season (1998-2010), in Aguascalientes. This analysis was performed by modeling a Cobb-Douglas function by two-stage least squares. The criteria for variables selection was based on works concerning the phenology of bees, and the predominant source of nectar, as well as, the design of the production function. We obtained a model based on each apiary (78 apiaries) annual data, considering 4,901 beehives, with a R^2 in differences of 0.71. The honey per beehive production elasticity, in relation to rainfall, rainfed harvested area and labor were positive, and negative regarding last year honey production, and temperature. The weather and labor per beehive were the factors responsible for yield variability of honey per beehive.

KEYWORDS: Bio-economic model, beekeeping, Cobb-Douglas function, climate.



Recibido: 20 de agosto, 2013

Aceptado: 14 de marzo, 2014

doi: 10.5154/r.rchscfa.2013.09.031

<http://www.chapingo.mx/revistas>

INTRODUCCIÓN

Aguascalientes cuenta con alrededor de 8,910 colmenas y una producción promedio de 30 kg-colmena⁻¹. El clima del estado es semiárido por lo que necesita alternativas productivas que requieran poca agua y la apicultura es un medio de vida acorde con esta necesidad. La segunda temporada de cosecha en octubre-noviembre genera mayor producción que la primera en abril-mayo (Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria [ASERCA], 2011). En Aguascalientes, más de 60 % de la miel proviene de la misma fuente de néctar, a diferencia del sureste de México donde la diversidad de plantas con aptitud apícola impide analizar la productividad de las especies predominantes en el ecosistema.

La apicultura constituye una actividad económica prioritaria para una gran cantidad de familias, por lo que es importante el desarrollo de modelos predictivos que permitan estimar la producción de miel y la toma correcta de decisiones. La producción de miel en función del clima, uso del suelo, trabajo y capital se ha abordado por separado (Abdul-Malik & Mohammed, 2012; Ramanarivo, Andriamanalina, Raharijaona, & Ralihalizara, 2011; Vural & Karaman, 2010), debido a la dificultad para analizar las variables en conjunto, en una zona determinada. El problema reside en la obtención de datos de producción y manejo bajo las condiciones ambientales correspondientes al desarrollo de una fuente de néctar predominante, para observar el impacto del clima sobre la cosecha de miel. Se plantea la hipótesis de que incluir dichos factores en el diseño de una función de producción permitirá conocer el grado de influencia de cada uno en el eslabón de producción de la cadena de valor apícola. En tal contexto, el objetivo de este trabajo fue establecer la relación de la producción de miel por colmena con las variables temperatura, precipitación pluvial, superficie cosechada de cultivos de temporal en la zona de pecoreo y jornales aplicados, manteniendo constante el capital referente al valor de la infraestructura de los apiarios. Dicha relación se determinó desde un enfoque bioeconómico (Cruz & Llinas, 2010; Turvey, 1999, 2001), a través de la función de producción tipo Cobb-Douglas (Quantitative Micro Software [QMS], 2010). El estudio se enfocó en la segunda temporada (octubre-noviembre) de cosecha de miel en Aguascalientes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Aguascalientes es una entidad federativa de la República Mexicana con 5,589 km² de superficie. El estado se ubica entre los paralelos 22° 27' - 21° 38' N y entre los meridianos 101° 53' - 102° 52' O. Debido a sus características semiáridas, la entidad produce miel con bajo contenido de agua y, como ocurre en zonas similares del país donde abunda la vegetación correspondiente a matorral crasicaule, más de 60 % de la miel producida en la segunda temporada de cosecha es aportada por especies de la familia Asteraceae, destacando la aceitilla (*Bidens* sp.) (Acosta-Castellanos, Quiroz-García, Arreguín-Sánchez, & Fernández-Nava, 2011) que es consi-

INTRODUCTION

Aguascalientes has about 8,910 beehives and an average production of 30 kg-beehive⁻¹. The climate is semiarid, so there is a need of productive alternatives that require little water and beekeeping is a livelihood consistent with this need. The second harvest season in October-November has higher production than the first harvest in April-May (Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria [ASERCA], 2011). In Aguascalientes, over 60 % of the honey comes from the same nectar source, in contrast to the southeast of Mexico where the diversity of plants suitable for beekeeping prevents the analysis of the productivity of the dominant species in the ecosystem.

Beekeeping is an economic activity of essential for a lot of families, therefore, it is important to develop predictive models to estimate the production of honey and correct decision making. Honey production with respect to climate, land use, labor and capital has been addressed separately (Abdul-Malik & Mohammed, 2012; Ramanarivo, Andriamanalina, Raharijaona, & Ralihalizara, 2011; Vural & Karaman, 2010), because of the difficulty of analyzing all variables in a given area. The problem lies in getting production and management data under environmental conditions associated with the development of a predominant source of nectar to observe the impact of climate on honey harvesting. We proposed that to include these factors in the design of a production function will reveal the degree of influence of each factor in the link of the production of the beekeeping value chain. In this context, the aim of this study was to establish the relationship of honey production with the following variables: temperature, rainfall, rainfed harvested area in the foraging area and labor, keeping the capital constant on the value of the infrastructure of the apiaries. This relationship was determined from a bio-economic approach (Cruz & Llinas, 2010; Turvey, 1999, 2001), through Cobb-Douglas production function (Quantitative Micro Software [QMS], 2010). The study focused on the second season (October-November) of honey harvest in Aguascalientes.

MATERIALS AND METHODS

Aguascalientes is a federal entity in Mexico with 5,589 km². The state is located between the latitudes 22° 27' - 21° 38' N and between the meridians 101° 53' - 102° 52' W. Due to its semi-arid climate, this state produces honey with low water content and, as occurs in similar locations with abundant crasicaule scrub, over 60 % of the honey produced in the second harvest season is provided by species of the Asteraceae family, highlighting the species (*Bidens* sp.) (Acosta-Castellanos, Quiroz-García, Arreguín-Sánchez, & Fernández-Nava, 2011) which is considered as weed in rainfed crops, mainly in maize and bean crops.

For the design of the production function, we collected data from honey harvesting (kg-beehive⁻¹) and manage-

derada maleza en los cultivos de temporal, principalmente en los de maíz y frijol.

Para el diseño de la función de producción se obtuvieron datos de la obtención de miel ($\text{kg}\cdot\text{colmena}^{-1}$) y manejo mediante encuestas realizadas a 41 productores del Comité Sistema Producto Apícola, A. C. de Aguascalientes. Los productores mantuvieron apiarios en las mismas zonas por 13 años con igual manejo técnico, obteniendo datos de 4,901 colmenas correspondientes al 55 % del inventario estatal reportado por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2012). Para satisfacer todas las necesidades de una colmena, en lo referente a cosecha, sanidad y alimentación, la cantidad mínima de trabajo requerida es $0.6 \text{ jornales}\cdot\text{colmena}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ y la cantidad máxima es $1.0 \text{ jornal}\cdot\text{colmena}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$. La intensidad de trabajo del apicultor en la colmena se midió como el porcentaje adicional de los $0.4 \text{ jornales}\cdot\text{colmena}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ disponibles. Con base en la encuesta aplicada, el trabajo adicional aplicado (%) por colmena se consideró con respecto al número mínimo de $0.6 \text{ jornales}\cdot\text{colmena}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$, que es el requerido para el manejo técnico que comprende cubrir las necesidades de sanidad, alimentación y cosecha, a diferencia de Abdul-Malik y Mohammed (2012), quienes consideran el total de días-hombre empleados durante la temporada. Debido a que después de aplicar $1.0 \text{ jornal}\cdot\text{colmena}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ no hay más labores por realizar, se consideró que aplicar más de esta cantidad de trabajo genera gasto de recursos que no reditúa en la producción de miel en Aguascalientes; por lo tanto, se entiende que el trabajo adicional por encima del mínimo necesario (0.6) es determinante en la productividad, estableciendo que $100 \% = 0.4 \text{ jornales}$, lo que corresponde al nivel máximo de trabajo adicional que es posible aplicar al mínimo para alcanzar $1.0 \text{ jornal}\cdot\text{colmena}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$.

Debido a que la flora de la familia Asteraceae, que aporta más de 60 % de miel, sólo prolifera en los cultivos de temporal y no en los de riego donde se aplican herbicidas que las eliminan, se recurrió a los registros de superficie cosechada de temporal anual a nivel municipal (SAGARPA, 2012) y del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2002, 2011). Con estos datos, la proporción de la superficie cosechada de cultivos de temporal (ha) se calculó en un radio de pecoreo de 6 km de cada apiario, respecto del total reportado por municipio, asegurando la distancia de 3 km recomendada entre apiarios (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA], 2009).

Los datos de la temperatura media ($^{\circ}\text{C}$) y precipitación ($\text{mm}\cdot\text{día}^{-1}$), ambas del segundo semestre de los años de 1998 a 2010, se obtuvieron a partir de la información recabada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2011). Dichas variables concentran los efectos de la evaporación, humedad, viento y radiación solar, demostrando tener mayor capacidad explicativa del desarrollo fenológico tanto de las abejas como de la fuente de néctar (Bartomeus et al., 2011; Dell, Sparks, & Dennis, 2005; Funes, Díaz, & Venier, 2009; Gordo & Sanz, 2006; Gordo, Sanz, & Lobo, 2010; Roy & Sparks, 2000; Sparks & Yates, 1997; Vibrans, 1995).

ment by means of surveys completed by 41 producers of the Comité Sistema Producto Apícola, A. C. Aguascalientes. The producers kept apiaries in the same areas for 13 years with the same technical management, obtaining data from 4,901 beehives corresponding to 55 % of state inventory reported by the Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2012). To meet all the needs of a beehive, with respect to harvest, sanity and feed, the minimum amount of labor required is $0.6 \text{ labor}\cdot\text{beehive}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$ and the maximum amount is $1.0 \text{ labor}\cdot\text{beehive}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$. The intensity of the work performed by the beekeeper was measured as the additional percentage of $0.4 \text{ labor}\cdot\text{beehive}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$ available. Based on the survey applied, the additional work applied (%) per beehive was considered with respect to the minimum number of $0.6 \text{ labor}\cdot\text{beehive}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$, which is required for the technical management comprising the needs of sanity, feed and harvest, unlike Abdul-Malik and Mohammed (2012), who consider the total of days-man employed during the season. Because after applying $1.0 \text{ labor}\cdot\text{beehive}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$ there is no more work to do, it was considered that applying this amount of labor generates resource expenses that does not pay off the honey production in Aguascalientes; therefore, it is understood that the additional work above the minimum required (0.6) is crucial in productivity, stating that $100 \% = 0.4 \text{ labor}$, which corresponds to the maximum level of additional work that can be applied to achieve the minimum $1.0 \text{ labor}\cdot\text{beehive}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$.

Since the flora of the Asteraceae family, which contributes more than 60 % of honey, grows only in rainfed crops and not in irrigation crops, where herbicides are applied to eliminate bees, we used the records of annual temporal harvested area at municipal level (SAGARPA, 2012) and the National Institute of Statistics, Geography and Informatics (INEGI, 2002, 2011). With these data, the proportion of rainfed harvested area (ha) was calculated in a foraging radius of 6 km of each apiary, based on the total reported by municipality, ensuring the distance of 3 km recommended by apiaries (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA], 2009).

Average temperature ($^{\circ}\text{C}$) and rainfall ($\text{mm}\cdot\text{day}^{-1}$) data, both from the second half of the years 1998 to 2010 were obtained from the data collected by the Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2011). These variables concentrate the effects of evaporation, humidity, wind and solar radiation proving to have greater explanatory power of the phenological development of both bees and the nectar source (Bartomeus et al., 2011; Dell, Sparks, & Dennis, 2005; Funes, Díaz, & Venier, 2009; Gordo & Sanz, 2006; Gordo, Sanz, & Lobo, 2010; Roy & Sparks, 2000; Sparks & Yates, 1997; Vibrans, 1995).

Climatic data from the second half of the year was recorded in each weather station of CONAGUA. Using the Google Earth® (Google Inc., 2012) software, each apiary was grouped by geographic coordinates with the nearest weather

do & Sanz, 2006; Gordo, Sanz, & Lobo, 2010; Roy & Sparks, 2000; Sparks & Yates, 1997; Vibrans, 1995).

Los datos climáticos del segundo semestre del año se registraron en cada estación meteorológica de la CONAGUA. Con el software Google Earth® (Google Inc., 2012), cada apiario se agrupó mediante coordenadas geográficas con la estación meteorológica más cercana en un radio de 6 km, para compaginar los datos de producción, trabajo aplicado y uso de suelo con los del clima.

El modelo se diseñó con base en los datos anuales de las variables explicativas en cada apiario; generando bajo esta lógica 1,014 repeticiones, producto de 78 apiarios en el periodo de 13 años, y entendiendo la producción por colmena (Y) en la segunda etapa como dependiente de las siguientes variables:

$$Y = \Phi(T, P, S, J)$$

Donde:

Y = Producción por colmena (kg-colmena⁻¹)

T = Temperatura media en el segundo semestre del año (°C)

P = Precipitación media acumulada en el segundo semestre del año (mm)

S = Superficie cosechada de cultivos de temporal (ha)

J = Trabajo adicional por encima del mínimo necesario (0.6 jornales-colmena⁻¹·año⁻¹) en la primera etapa (%)

Una especificación logarítmica de la función de Y coherente con un esquema Cobb-Douglas podría plantearse de la siguiente manera:

$$\ln Y = A + \beta_1 \ln T + \beta_2 \ln P + \beta_3 \ln S + \beta_4 \ln J$$

Donde:

A = Constante multiplicativa

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ y β_4 = Elasticidades de la producción por colmena, respecto de las intensidades de los factores T, P, S y J.

Se incluyó dinámica al modelo empleando variables en niveles, diferencias y con un retardo de primer orden, utilizando un tipo de especificación autoregresiva:

$$\begin{aligned} \Delta \ln Y = & \alpha + \beta_1 \ln Y_{-1} + \beta_2 \ln T + \beta_3 \Delta \ln T + \beta_4 \ln T_{-1} + \\ & \beta_5 \ln P + \beta_6 \Delta \ln P + \beta_7 \ln P_{-1} + \beta_8 \ln S + \beta_9 \Delta \ln S + \beta_{10} \\ & \ln S_{-1} + \beta_{11} \ln J + \beta_{12} \Delta \ln J + \beta_{13} \ln J_{-1} \end{aligned}$$

Donde Y_{-1} , T_{-1} , P_{-1} y J_{-1} son la producción de miel, temperatura media, precipitación media, superficie cosechada de cultivos de temporal y jornales adicionales, respectivamente, en el año próximo anterior. El modelo con mejor ajuste se identificó mediante contrastes, despejando Y en el modelo final. Los criterios de selección fueron el coeficiente

station in a radius of 6 km to combine production data, labor and land use with the climate.

The model is designed based on annual data from the explanatory variables in each apiary; generating under this logic 1,014 repetitions, product of 78 apiaries in 13 years, and understanding the production per beehive (Y) in the second stage as dependent on the following variables:

$$Y = \Phi(T, P, S, J)$$

Where:

Y = Production per beehive (kg-beehive⁻¹)

T = Average temperature in the second half of the year (°C)

P = Average rainfall accumulated in the second half of the year (mm)

S = Rainfed harvested area (ha)

J = Additional labor above the minimum required (0.6 labor-beehive⁻¹·years⁻¹) in the first stage (%)

A logarithmic specification of the function of Y consistent with a Cobb-Douglas scheme could be raised as follows:

$$\ln Y = A + \beta_1 \ln T + \beta_2 \ln P + \beta_3 \ln S + \beta_4 \ln J$$

Where:

A = constant multiplicative

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ y β_4 = Elasticities of production per hive, with respect to the intensities of the factors T, P, S and J.

The model received dynamic with variables in levels, differences and a first order lag, using a type of autoregressive specification:

$$\begin{aligned} \Delta \ln Y = & \alpha + \beta_1 \ln Y_{-1} + \beta_2 \ln T + \beta_3 \Delta \ln T + \beta_4 \ln T_{-1} + \\ & \beta_5 \ln P + \beta_6 \Delta \ln P + \beta_7 \ln P_{-1} + \beta_8 \ln S + \beta_9 \Delta \ln S + \beta_{10} \\ & \ln S_{-1} + \beta_{11} \ln J + \beta_{12} \Delta \ln J + \beta_{13} \ln J_{-1} \end{aligned}$$

Where Y_{-1} , T_{-1} , P_{-1} and J_{-1} are honey production, average temperature, average rainfall, rainfed harvested area and additional labor, respectively, in the next preceding year. The best fitting model was identified by contrast, clearing Y in the final model. The selection criteria were the coefficient of determination in differences (R^2_D), F test and t-student ($P = 0.05$), and the statistical "h" of Durbin.

RESULTS AND DISCUSSION

The exogeneity of the variable J with two-stage least squares (QMS, 2010) was tested using three instrumental variables: additional labor used per beehive in the next preceding year (J_{-1}), price of labor deflated to constant prices of 2003 (K) and growth rate of the Gross Domestic Product of Mexico (GGCP). Based on work related to beehive productivity

de determinación en diferencias (R^2_D), las pruebas de F y t-student ($P = 0.05$), y el estadístico “h” de Durbin.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se contrastó la exogeneidad de la variable J con mínimos cuadrados en dos etapas (QMS, 2010), empleando tres variables instrumentales; jornales adicionales usados por colmena en el año próximo anterior (J_{-1}), precio del jornal deflactado a precios constantes de 2003 (K) y tasa de crecimiento del producto interno bruto de México (CPIB). Con base en trabajos relacionados con la productividad de las colmenas (Abdul-Malik & Mohammed 2012; Ramananarivo et al., 2011; Vural & Karaman, 2010), se dedujo que las variables mencionadas están relacionadas con los jornales usados, pero no con los componentes del modelo final de la segunda etapa.

La variable Y (producción de miel) se despejó del modelo de mejor ajuste (Cuadro 1), obteniendo la función de producción tipo Cobb-Douglas:

$$Y = e^{1.7079} * Y_{-1}^{-0.114216} * T^{-0.4169} * P^{0.2339} * S^{0.000734} * S_{-1}^{0.000004} * J^{0.4754}$$

(Abdul-Malik & Mohammed 2012; Ramananarivo et al., 2011; Vural & Karaman, 2010), it was concluded that these variables are related to labor, but not with to the final model components of the second stage.

The variable Y (honey production) was cleared from the best fit model (Table 1) to obtain the Cobb-Douglas production function:

$$Y = e^{1.7079} * Y_{-1}^{-0.114216} * T^{-0.4169} * P^{0.2339} * S^{0.000734} * S_{-1}^{0.000004} * J^{0.4754}$$

The final model was used to estimate the production of honey (kg-beehive⁻¹) of the second harvest season in terms of production of the next preceding year, the average temperature and precipitation of the second half of the year, the rainfed harvested area that the apiary had available during the current and the past year, and labor used. The exponents are the elasticities of honey production, with respect to the values taken by each explanatory variable. When the temperature increases by 1 %, the production of honey per beehive is reduced by 0.41 %, and when the level of rainfall increases 1 %, production increases 0.23 %. This is consistent with the evidence of an inverse relationship between

CUADRO 1. Modelo en diferencias para la producción de miel ($\Delta \ln Y$) en Aguascalientes, usando variables instrumentales.

TABLE 1. Model in differences for honey production ($\Delta \ln Y$) in Aguascalientes using instrumental variables.

$\Delta \ln Y = 1.70 - 1.11 * \ln Y_{-1} - 0.41 * \ln T + 0.23 * \ln P - 0.43 * \ln S + 0.43 * \Delta \ln S + 0.43 * \ln S_{-1} + 0.47 * \ln J$				
Variable	Coefficiente / Coefficient	Error estándar / Standard Error	Estadístico t / t-Statistic	Probabilidad / Probability
C	1.70	0.56	3.00	0.002
$\ln Y_{-1}$	-1.11	0.03	-28.30	0.000
$\ln T$	-0.41	0.15	-2.60	0.009
$\ln P$	0.23	0.05	4.19	0.000
$\ln S$	-0.43	0.08	-4.83	0.000
$\Delta \ln S$	0.43	0.09	4.78	0.000
$\ln S_{-1}$	0.43	0.09	4.81	0.000
$\ln J$	0.47	0.04	9.72	0.000
R^2 en diferencias / R^2 in differences	0.71			
R^2 en diferencias ajustado / R^2 in differences adjusted	0.70			
F	255.96			
Prob (F)	0.0000			
Estadístico “h” de Durbin / Statistic “h” of Durbin	-0.5880			

Variable dependiente: $\Delta \ln Y$ (kg-colmena⁻¹). Instrumentos: $\ln J_{-1}$, $\ln K$ y \ln CPIB, donde J_{-1} = Jornales adicionales usados por colmena en el año próximo anterior, K = Precio del jornal deflactado a precios constantes de 2003, CPIB = Tasa de crecimiento del producto interno bruto de México (CPIB).

Y_{-1} : Producción de miel en el año anterior, T = Temperatura media, P = Precipitación, S = Superficie cosechada de cultivos de temporal, S_{-1} : Superficie cosechada de cultivos de temporal en el año anterior, J: Jornales disponibles usados.

Dependent variable: $\Delta \ln Y$ (kg. beehive⁻¹). Instruments: $\ln J_{-1}$, $\ln K$ and \ln CPIB, where J_{-1} = additional labor used per beehive in the next preceding year, K = Price of labor deflated to constant prices of 2003, CPIB = Growth rate of Gross Domestic Product of Mexico (GGDP).

Y_{-1} : Production of honey in the last year, T = Average temperature, P = rainfall, S = Rainfed harvested area, S_{-1} : Rainfed harvested area in the last year, J: Available labor used.

El modelo final permitió estimar la producción de miel (kg-colmena^{-1}) de la segunda temporada de cosecha en función de la producción del año anterior, la temperatura media y la precipitación del segundo semestre del año, la superficie cosechada de cultivos de temporal que el apiario tuvo disponible durante el año corriente y el pasado, y los jornales disponibles usados. Los exponentes son las elasticidades de la producción de miel, con respecto a los valores que toma cada variable explicativa. Cuando la temperatura aumenta 1 %, la producción de miel por colmena se reduce 0.41 %, y cuando el nivel de lluvia se incrementa 1 %, la producción aumenta 0.23 %. Esto concuerda con la evidencia de una relación inversa entre temperatura y productividad de las abejas, así como una relación directa entre esta última con la precipitación (Bartomeus et al., 2011; Gordo & Sanz, 2006; Gordo et al., 2010) y con la productividad de la fuente de néctar (Funes et al., 2009; Vibrans, 1995). Por otra parte, al aumentar 1 % de la superficie cosechada de cultivos de temporal en el año anterior, la producción de miel aumenta 0.00004 %, y al aumentar la superficie del año corriente en la misma proporción, la producción aumenta 0.0007 %. Esta relación directa muestra como el dato del año corriente, aunque sea pequeño, es determinante en la productividad de las colmenas. El trabajo aplicado por colmena durante un año muestra la relación directa con la productividad, pues cuando el trabajo aumenta 1 %, la cosecha de miel asciende 0.47 %; este incremento solo es válido en el intervalo de 0.6 a 1.0 jornal-colmena⁻¹·año⁻¹. El modelo generado apunta a una reducción de la producción de miel de 0.11 %, tras un incremento, *ceteris paribus*, de 1 % en el año anterior, lo cual se puede interpretar como una variabilidad debida al clima, ya que las condiciones de manejo técnico de la muestra de productores fueron homogéneas.

CONCLUSIONES

Bajo condiciones homogéneas de manejo técnico, el clima y la cantidad de trabajo aplicado por colmena determinan la productividad de la misma. Existe una relación negativa entre la productividad con la temperatura media y con la producción del año anterior, mientras que con las variables precipitación, trabajo aplicado y superficie cosechada de temporal, hay relación positiva. Las fluctuaciones climáticas son en gran parte responsables de la variabilidad interanual del rendimiento de miel, dada su influencia en la fenología tanto de la fuente de néctar como de las abejas. Por tanto, éstas podrían ser bioindicadores confiables del comportamiento del eslabón de producción en la cadena de valor apícola, al elaborar modelos bioeconómicos para un ecosistema determinado. En dichos modelos, las abejas han recibido poca atención; este estudio muestra la relevancia de considerar la relación entre el ambiente y los fenómenos periódicos en la vida de esta especie y su fenología, para futuras investigaciones sobre la producción apícola. Se recomienda identificar los parámetros óptimos de las variables analizadas, bajo las condiciones particulares de un ecosistema considerando modelos polinomiales. Esto sería de ayu-

temperature and bee's productivity, as well as a direct relationship between bee's productivity and precipitation (Bartomeus et al., 2011; Gordo & Sanz, 2006; Gordo et al., 2010) and with the productivity of the nectar source (Funes et al., 2009; Vibrans, 1995). Moreover, increasing 1 % of the rainfed harvested area in the next preceding year, the production of honey increases 0.00004 %, and increasing the area of the current year at the same rate, the production increases 0.0007 %. This direct relationship shows that the data for the current year, even if it is small, is critical for the productivity of beehives. The work used per beehive for a year shows a direct relationship with productivity, because when the work increases by 1 %, the honey harvest increases 0.47 %; this increase is only valid in the range of 0.6 to 1.0 labor-beehive⁻¹·year⁻¹. The generated model points to a reduction in the production of honey of 0.11 %, after an increase, *ceteris paribus*, of 1 % in the past year, which can be interpreted as variability due to weather conditions, since the technical management conditions of the sample of producers were homogeneous.

CONCLUSIONS

Under homogeneous condition of technical management, climate and the amount of labor applied per beehive determine the productivity. There is a negative relationship between productivity with the average temperature and with the production of the previous year, while there is a positive relationship with precipitation, labor applied and rainfed harvested area. Climatic fluctuations are largely responsible for the interannual variability of honey yield, given the influence on phenology both from the nectar and the bees. Therefore, they could be reliable biomarkers of the behavior of the link of production in the beekeeping value chain, by developing bio-economic models for a given ecosystem. In these models, bees have received little attention; this study shows the importance of considering the relationship between environment and periodic phenomena in the life of this species and its phenology, for future research on beekeeping. It is recommended to identify the optimal parameters of the variables analyzed under the particular conditions of a given ecosystem regarding the polynomial models. This would help to predict the production of honey in Aguascalientes and the design of policy measures for the sector.

da para pronosticar la producción de miel en Aguascalientes y para el diseño de medidas políticas para el sector.

REFERENCIAS

- Abdul-Malik, A., & Mohammed, A. (2012). Technical efficiency of beekeeping farmers in Tolon-Kumbungu district of Northern region of Ghana. *Journal of Development and Agricultural Economics*, 4(11), 304–310. doi: 10.5897/JDAE12.074
- Acosta-Castellanos, S., Quiroz-García, L., Arreguín-Sánchez, M. L., & Fernández-Nava, R. (2011). Análisis polínico de tres muestras de miel del estado de Zacatecas, México. *Polibotánica*, 32, 179–191. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62119933011>
- Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA). (2011). Situación actual y perspectiva de la apicultura en México. *Claridades Agropecuarias*, 199, 3–34. Obtenido de <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/199/ca199-3.pdf>
- Bartomeus, I., Ascher, J. S., Wagner, D., Danforth, B. N., Colla, S., Kornbluth, S., & Winfree, R. (2011). Climate-associated phenological advances in bee pollinators and bee-pollinated plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(51), 20645–20649. doi: 10.1073/pnas.1115559108
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2011). *Temperatura y precipitación de estaciones meteorológicas en Aguascalientes (Periodo 1997-2010)*. México: Autor.
- Cruz, J. S., & Llinas, A. (2010). Modelo analítico de derivados de clima para eventos específicos de riesgo en la agricultura en Colombia. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 7(64), 121–147. Obtenido de <http://132.248.9.34/hevila/Cuadernosdesarrollorural/2010/no64/6.pdf>
- Dell, D., Sparks, T. H., & Dennis, R. L. H. (2005). Climate change and the effect of increasing spring temperatures on emergence dates of the butterfly *Apatura iris* (Lepidoptera: Nymphalidae). *European Journal of Entomology*, 102(2), 161–167. doi: 10.14411/eje.2005.026
- Funes, G., Díaz, S., & Venier, P. (2009). La temperatura como principal determinante de la germinación en especies del Chaco seco de Argentina. *Ecología Austral*, 19(2), 129–138. Obtenido de <http://www.scielo.org.ar/pdf/ecoaus/v19n2/v19n2a05.pdf>
- Google Inc. (2012). *Google Earth (Version 7.0). Software para PC*. Mountain View, California: Google Inc.
- Gordo, O., & Sanz, J. J. (2006). Temporal trends in phenology of the honey bee *Apis mellifera* (L.) and the small white *Pieris rapae* (L.) in the Iberian Peninsula (1952–2004). *Ecological Entomology*, 31(3), 261–268. doi: 10.1111/j.1365-2311.2006.00787.x
- Gordo, O., Sanz, J. J., & Lobo, J. M. (2010). Determining the environmental factors underlying the spatial variability of insect appearance phenology for the honey bee, *Apis mellifera*, and the small white, *Pieris rapae*. *Journal of Insect Science*, 10(34), 1–21. Obtenido de <http://www.insectscience.org/10.34/i1536-2442-10-34.pdf>
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2009). *Manual de apicultura básica para Honduras* (1a ed.). Tegucigalpa, Honduras: Autor.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2002). *Anuario estadístico del estado de Aguascalientes*. Aguascalientes, México: Autor.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2011). *Anuario estadístico del estado de Aguascalientes*. Aguascalientes, México: Autor.
- Quantitative Micro Software (QMS). (2010). *EViews 7 User's Guide II* (Vol. 2). Irvine, CA, USA: Autor.
- Ramananarivo, S., Andriamanalina, S. I., Raharijaona, J. L., Raihalizara, J., & Ramananarivo, R. (2011). Litchi fruit and honey production: Positive externalities. *Acta Horticulturae (ISHS)*, 921, 187–195. Obtenido de http://www.actahort.org/books/921/921_21.htm
- Roy, D. B., & Sparks, T. H. (2000). Phenology of British butterflies and climate change. *Global Change Biology*, 6(4), 407–416. doi: 10.1046/j.1365-2486.2000.00322.x
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2012). Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). Información de la producción agrícola y pecuaria nacional por entidad federativa de los años 1980 a 2010. Subsistema de información pecuaria. Obtenido de http://infoasiap.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=286&Itemid=428
- Sparks, T. H., & Yates, T. J. (1997). The effect of spring temperature on the appearance dates of British butterflies 1883–1993. *Ecography*, 20(4), 368–374. doi: 10.1111/j.1600-0587.1997.tb00381.x
- Turvey, C. G. (1999). *Weather insurance, crop production and specific event risk*. Guelph, Canadá: University of Guelph, Department of Food, Agricultural and Resource Economics.
- Turvey, C. G. (2001). Weather derivatives for specific event risks in agriculture. *Review of Agricultural Economics*, 23(2), 333–351. doi: 10.1111/1467-9353.00065
- Vibrans, H. (1995). *Bidens pilosa* L. y *Bidens odorata* Cav. (Asteraceae: Heliantheae) en la vegetación urbana de la Ciudad de México. *Acta Botánica Mexicana*, 32, 85–89. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57403210>
- Vural, H., & Karaman, S. (2010). Socio-economic analysis of beekeeping and the effects of beehive types on honey production. *African Journal of Agricultural Research*, 5(22), 3003–3008. Obtenido de http://www.academicjournals.org/article/article1381318187_Vural%20and%20Karaman.pdf