



Enseñar la explotación de la tierra.
no la del hombre

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONÓMICO ADMINISTRATIVAS

**MODELO BIOECONÓMICO APLICADO A LA
PRODUCCIÓN APÍCOLA**

T E S I S



Que como requisito parcial para obtener el grado de

DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

DOCTOR EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA

Presenta:

SERGIO ERNESTO MEDINA CUÉLLAR

Chapingo, México, Septiembre 2014.



MODELO BIOECONÓMICO APLICADO A LA PRODUCCIÓN APÍCOLA

Tesis realizada por **Sergio Ernesto Medina Cuéllar**, bajo la dirección del comité asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA

DIRECTOR:



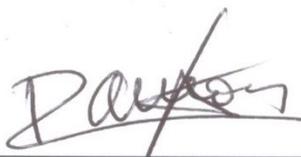
Dr. Marcos Portillo Vázquez

ASESOR:



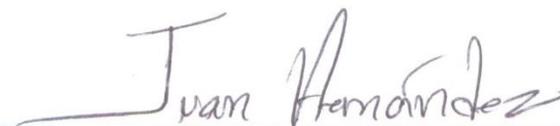
Dr. Gerardo Humberto Terrazas González

ASESOR:



Dr. Ramón Valdivia Alcalá

LECTOR EXTERNO:



Dr. Juan Hernández Ortiz

DEDICATORIA

A mi Mentor

El Dr. Marcos Portillo Vázquez

AGRADECIMIENTOS

A mi Mentor, el Dr. Marcos Portillo Vázquez, un maestro de vida y ejemplo a seguir, como amigo, como profesor y como ser humano, gracias por su confianza, por su gran apoyo, y por hacerme sentir una persona útil y valiosa. Gracias por estar conmigo en los momentos más difíciles en esta etapa de mi vida profesional.

A mi madre María Engracia Cuéllar Gallo y a mis hermanos, Marcela Adriana y Martín Isaías Medina Cuéllar, por su invaluable ayuda, sin la cual, este proyecto no hubiera sido posible, por su cariño y apoyo incondicional les estaré siempre agradecido.

A la Universidad Autónoma Chapingo, a su División de Ciencias Económico Administrativas, y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por la oportunidad para realizar una etapa más de mi formación profesional.

Al Dr. Gerardo Humberto Terrazas González, por su orientación, asesoría y valiosos consejos en el desarrollo de este proyecto de investigación.

A mis amigos; Alberto Pérez Fernández, José Apolonio Venegas Venegas y Adriana Espinosa Villeda, gracias por compartir conmigo su amistad, su gran experiencia y su demostrada habilidad.

Al profesor investigador de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, el amigo y colaborador M.C. Víctor Hugo Franco Olivares, por aportar su vasta experiencia como apicultor, darle validez a los resultados de esta tesis y apoyar en la gestión de información con las asociaciones de apicultores de Aguascalientes.

Desarrollar este proyecto de tesis requirió de la participación de integrantes de los medios académicos y empresariales. Afortunadamente he contado con ellos y les agradezco el apoyo que ha hecho posible la culminación de este trabajo.

Hago extensivo mi agradecimiento a las siguientes personas y organizaciones quienes me favorecieron con su valiosa ayuda: Ing. Ramiro García Martínez de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) dirección local Aguascalientes, L.A. Laura Lorena Alba Nevárez, titular de la Secretaría de Educación Pública en Aguascalientes, L.A.F. Alma Delia Barbosa Medina de la empresa Apiarios del Centro S.P.R. de R.L. de C.V., al Comité Sistema Producto Apícola del Estado de Aguascalientes A. C., y las asociaciones de apicultores afiliadas, al Instituto Tecnológico El Llano No. 20 de Aguascalientes y al Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga.

Estoy en deuda con todas estas personas y acepto la responsabilidad por los posibles errores y omisiones, recibiré con gran interés las observaciones de aquellos lectores cuidadosos, a quienes este trabajo les sea de interés.

DATOS BIOGRÁFICOS

Maestro en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales, por la Universidad Autónoma Chapingo, en el 2010. Lic. en Mercadotecnia de Comercio Exterior, por la Universidad Tecnológica Americana, en el 2002 y Técnico Superior Universitario en Comercialización, por la Universidad Tecnológica de Aguascalientes, en el 2000.

A la fecha ha participado como ponente en 4 Congresos Internacionales y en 5 nacionales sobre bioeconomía, economía agrícola y problemas ambientales.

Cuenta con 9 publicaciones en capítulos de libros con ISBN y 3 artículos en revistas indizadas con ISSN incluidas en el Journal Citation Reports, con otro artículo más en proceso de publicación en revista indizada. Ha participado en más de 10 proyectos de investigación sobre economía agrícola, bioeconomía y problemas ambientales.

Ha fungido como asesor de 3 tesis a nivel Maestría y una a nivel Licenciatura en temas relativos a economía agrícola. Ha participado como profesor de Mercadotecnia y de Economía Aplicada en cursos a nivel de grado y posgrado.

Actualmente se desempeña como asesor para la acreditación de programas de posgrado en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), México.

ABREVIATURAS

A.C.: Asociación Civil

ANACAFE: Asociación Nacional del Café

ARS: Agricultural Research Service

cm: Centímetro

CONAGUA: Comisión Nacional del Agua

CONAZA: Comisión Nacional de Zonas Áridas

C.V.: Capital Variable

FAOSTAT: The Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database

ha: Hectárea

INE: Instituto Nacional de Ecología

INEGI: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática

K: Capital

kg: Kilogramo

lt: Litro

MCO: Mínimos Cuadrados Ordinarios

mm: Milímetros

NOM: Norma Oficial Mexicana

ONA: Organización Nacional de Apicultores

PIB: Producto Interno Bruto

R.L.: Responsabilidad Limitada

SAGARPA: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

SENASICA: Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria

SIACON: Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta

SIAP: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera

S.P.R.: Sociedad de Producción Rural

T: Trabajo

Ton: Tonelada

USDA: United States Department of Agriculture

MODELO BIOECONÓMICO APLICADO A LA PRODUCCIÓN APÍCOLA

BIOECONOMIC MODEL APPLIED TO BEEKEEPING

Sergio Ernesto Medina Cuéllar¹, Marcos Portillo Vázquez²

RESUMEN

Se estudió la forma en la que la temperatura, precipitación, cobertura de vegetación de bosque, matorral y pastizal, superficie agrícola y cantidad de trabajo, determinan la producción de miel de abeja por colmena en Aguascalientes, modelando una función de producción tipo Cobb-Douglas, con 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 del mezquite (*Prosopis laevigata*) como la fuente de néctar predominante, como a la teoría económica en torno al diseño de la función de producción. Se obtuvo un modelo basado en datos anuales de cada apiario, considerando 4,900 colmenas, con un R^2 en diferencias de 0.70; para analizar su capacidad predictiva, se reestimó el modelo usando un panel de datos reducido, obteniendo un R^2 en diferencias de 0.67, entonces se hicieron predicciones para los años 2008, 2009, 2010 y 2011, mostrando un error porcentual medio absoluto del 3.95%, comparado con los datos reales. En ambos modelos, las elasticidades a corto plazo resultaron similares a las de largo plazo, este comportamiento apunta a que los cambios en las variables en el corto plazo, pueden ser relevantes para pronosticar el rendimiento de miel por colmena. Se simuló la producción de miel bajo los escenarios climáticos previstos por el INE para los años 2020 y 2050, observando que el rendimiento promedio podría disminuir 7.959% para el primero, y 21.710%, para el segundo, respecto a lo observado en el año 2011; se pronosticaron pérdidas económicas en el Estado de Aguascalientes, por \$588,281.4 y \$1'604,562.68 (MXN 2013) respectivamente.

Palabras clave: apicultura, biología, econometría, agroclimatología, Estado de Aguascalientes.

ABSTRACT

The effect of temperature, precipitation, vegetation cover of forest, scrub, and grassland, agricultural area, and the amount of work on the production of honey per beehive in Aguascalientes State was analyzed, modeling a Cobb-Douglas production function, by the Two-Stage Least Squares method. The variable selection criteria was based on studies regarding the phenological characteristics of bees, and the mesquite (*Prosopis laevigata*) as the main nectar source, as well as economic theory grounding the design of a production function. We obtained a model based on annual data from each apiary, considering 4,900 hives, with an R^2 in differences of 0.70. To analyze its predictive capacity, the model was re-estimated using a reduced data panel, resulting in an R^2 in differences of 0.67. Predictions for the years 2008, 2009, 2010 and 2011 were then made. These predictions showed an average absolute percentage error of 3.95% compared with the actual data. In both models, the short-run elasticities were similar to the long term ones. This behavior suggests that the changes in the variables in the short term may be relevant in forecasting yield of honey per hive. Honey production under climate scenarios provided by the INE for the years 2020 and 2050 was simulated. It was noted that average yield may decrease 7.959% for the former, and 21.710% for the latter year, relative to the yield observed in 2011. In Aguascalientes State, economic losses of \$588,281.4 and \$1'604,562.68 (MXN 2013), respectively, were forecasted for 2020 and 2050.

Keywords: beekeeping, biology, econometrics, agroclimatology, Aguascalientes State.

¹ Tesista

² Director de tesis

ÍNDICES DE CONTENIDO

ÍNDICE GENERAL

ABREVIATURAS	I
RESUMEN	III
ABSTRACT	III
ÍNDICES DE CONTENIDO	IV
ÍNDICE GENERAL	V
ÍNDICE DE CUADROS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	7
INTRODUCCIÓN	8
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
OBJETIVO	11
HIPÓTESIS	12
ANTECEDENTES	13
LOS DERIVADOS DE LA COLMENA.....	14
DESARROLLO DE LA APICULTURA EN MÉXICO.....	14
CADENA PRODUCTIVA APÍCOLA	16
ESTACIONALIDAD Y REGIONALIZACIÓN	18
COSECHA DE MIEL DE MEZQUITE (Prosopis laevigata)	21
MARCO TEÓRICO	24
LOS POLINIZADORES Y LAS FUENTES DE NÉCTAR	25
MODELACIÓN BIOECONÓMICA.....	28
Función de producción tipo Cobb Douglas	29
METODOLOGÍA	33
MÉTODO DE MODELACIÓN DE LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN	34
Cálculo del tamaño de muestra	36
Zona de investigación	37
Diseño de investigación no experimental.....	38
Perfil de la muestra	38
CONSTRUCCIÓN DE LA BASE DE DATOS PARA LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN.....	42
FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN BIOECONÓMICA	46
Simulación de escenarios	52
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54

MODELO BIOECONÓMICO DE PRODUCCIÓN DE MIEL	55
Tamaño de muestra.....	55
Función de producción.....	56
Elasticidades a largo plazo	60
APLICACIÓN DEL MODELO PARA HACER PRONÓSTICOS	62
ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO	66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
ANEXOS	88
ANEXO 1	89
ANEXO 2	90
ANEXO 3	92

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Producción de miel en México 2012.....	15
Cuadro 2. Zonas productoras de miel y su precio de venta	20
Cuadro 3. Guía apícola para el altiplano mexicano	42
Cuadro 4. Variables relativas a producción y manejo técnico.....	43
Cuadro 5. Variables relativas al clima.....	43
Cuadro 6. Estaciones meteorológicas administradas por CONAGUA en Aguascalientes. 45	
Cuadro 7. Modelo de jornales por colmena	56
Cuadro 8. Modelo de kg de miel por colmena	57
Cuadro 9. Elasticidades a corto y largo plazo.....	62
Cuadro 10. Modelo de kg de miel por colmena.....	63
Cuadro 11. Validación del modelo.....	65
Cuadro 12. Escenarios de cambio climático previstos para Aguascalientes.....	67
Cuadro 13. Producción promedio según la función de producción.....	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cadena productiva de la miel	17
Figura 2. Estacionalidad de la producción apícola.....	18
Figura 3. Regiones apícolas de México.....	19
Figura 4. Flor de mezquite	21
Figura 5. Árbol de mezquite (Prosopis spp.).....	22
Figura 6. Flor de aceitilla (Bidens spp.)	23
Figura 7. Abeja reina y obreras (Apis mellifera ligústica).....	39
Figura 8. Colmena Jumbo.....	40
Figura 9. Capacidad predictiva del modelo.....	64
Figura 10. Producción promedio por colmena.....	69

INTRODUCCIÓN

La apicultura es una actividad económica de vital importancia para el estado de Aguascalientes donde gran parte de su territorio se distingue por sus características semiáridas (T. Ruiz & Febles, 2004), y no posee agua en abundancia para el desarrollo de actividades agropecuarias (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática [INEGI], 2002, 2011), además la flora apícola adaptada a la región permite cosechar miel con características monoflorales en las que más del 60 % de la miel proviene de una misma fuente de néctar, a la par del desarrollo de un medio de vida que está en armonía con el medio ambiente (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA], 2009).

Debido a que la apicultura es una fuente de ingresos importante para muchas familias (Guzmán, 2005) es de interés hacer previsiones de producción (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2003), cuyo desarrollo contribuye a la estabilización de los ecosistemas y a la preservación de los recursos naturales gracias a la actividad de las abejas (Bradbear, 2005; Winfree, 2010), considerando que ellas y las fuentes de néctar son sensibles a las condiciones ambientales de los ecosistemas (Le-Conte & Navajas, 2008).

Se ha demostrado que el desarrollo biológico de plantas y animales se encuentra estrechamente relacionado con las variaciones que tienen lugar en el ambiente, lo que ha justificado la investigación del impacto de tales cambios sobre los seres vivos y la consecuente la generación de beneficios económicos, mediante el diseño de funciones de producción en función del capital, el trabajo y las variaciones del clima (Mjelde, Hill, & Griffiths, 1998; Seo, Mendelsohn, & Munasinghe, 2005; Turvey, 1999, 2001).

El mezquite (*Prosopis laevigata*) produce alrededor del 60 % del néctar de la primera cosecha anual en Aguascalientes que tiene lugar en los meses de abril y mayo, se trata de un árbol que prospera en zonas áridas ofreciendo una amplia gama de servicios ambientales como la recarga de los mantos freáticos y la regeneración de la fertilidad del suelo, por lo que conservarlo para su explotación apícola en la región del altiplano mexicano daría mayores beneficios sociales y económicos que su

depredación para fines maderables o como combustible (Mahadeo, Santosh, & Syed, 2012; Rivas, 2006; Toro, 2002). Por lo cual, el análisis de la producción de miel por colmena mediante un modelo bioeconómico basado en una función de producción, que conjunte tanto las variables que influyen en el desarrollo fenológico de las abejas y de la fuente de néctar predominante, como la extensión de los tipos de vegetación en donde ambas coexisten, permitiría conocer el potencial de desarrollo de la apicultura en una zona específica, así como la estabilidad del ecosistema.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La dotación de materias primas para el desarrollo de la apicultura viene directamente del medio silvestre desarrollándose bajo condiciones ambientales de temperatura, lluvia y vegetación que en la mayoría de los casos escapa del control humano. Esta situación produce incertidumbre en el mercado de la miel ya que dadas estas circunstancias, es difícil saber los niveles de producción de cosechas futuras, y en qué medida contribuye en la producción cada factor implicado en el desarrollo fenológico de las abejas y de las fuentes de néctar.

El planteamiento de funciones de producción bajo un enfoque bioeconómico empleando variables climáticas como elementos explicativos de la productividad, ha sido de utilidad para el análisis de los efectos del ambiente sobre la producción agrícola (Kaul, 2007), destacando los modelos tipo Cobb-Douglas y su característica expresión de los coeficientes de elasticidad, lo que facilita la interpretación de los parámetros correspondientes (Kouka, Jolly, & Henao, 1994; Pech-Martínez, Santos-Flores, & Montes-Pérez, 2002), proporcionando herramientas metodológicas para reducir la incertidumbre al llevar a cabo pronósticos de producción y ventas (González, 2009).

Para poder generar una función de producción coherente y funcional, se requiere del diseño de un proyecto de investigación de carácter social que dé lugar a obtener

información de una muestra poblacional con características similares entre sus unidades de análisis, y de esa forma reducir en lo posible la varianza de los datos y lograr conclusiones coherentes (Kaufmann & Snell, 1997). Esto implica afrontar el reto de conformar con información de campo una base de datos histórica de tipo longitudinal sobre la cosecha de miel en una región determinada, bajo condiciones ambientales y de manejo técnico similares, acerca de los apiarios implicados y su ubicación geográfica; con el propósito de satisfacer los requerimientos de un modelo econométrico de producción de miel de abeja, tales como; una muestra de apicultores que hayan ubicado sus apiarios en las mismas zonas cada año, los datos de vegetación y clima de esas zonas, la raza de abeja más empleada, las fuentes de néctar predominantes, y los estándares de manejo técnico implementados. Satisfacer estos requerimientos ha sido una limitación para el análisis bioeconómico de la producción de miel de abeja mediante la metodología propuesta.

Con base en el objetivo e hipótesis planteados, en este trabajo se considera que la producción de miel en la primera cosecha del año en Aguascalientes, depende en gran medida del clima, de la cobertura de vegetación de bosque, matorral y pastizal, medio donde prolifera el mezquite, por la superficie agrícola; que contribuye al deterioro de los tipos de vegetación anteriores, y del trabajo aplicado.

OBJETIVO

Determinar la relación entre producción de miel por colmena y las variables temperatura, precipitación pluvial, cobertura de vegetación de bosque, matorral y pastizal, superficie agrícola y jornales aplicados, manteniendo constante el capital, mediante una función de producción tipo Cobb-Douglas para la cosecha de miel de mezquite en Aguascalientes.

HIPÓTESIS

Las variables determinantes de la producción de miel de mezquite en Aguascalientes son trabajo, capital, clima, uso del suelo y tipo de vegetación, y el impacto de cada uno sobre el rendimiento por colmena puede observarse mediante una función de producción tipo Cobb-Douglas.

ANTECEDENTES

LOS DERIVADOS DE LA COLMENA

La producción de derivados de la colmena que brindan las abejas, es un servicio ecosistémico con un alto valor económico (Pasiiecznik et al., 2001). La miel es una sustancia producida por abejas obreras a partir del néctar de las flores que las abejas recogen, transforman y combinan con sustancias específicas propias, que almacenan y dejan en el panal para su maduración (Codex-Alimentarius, 1981). Se compone de azúcares simples como la fructosa y la glucosa, y en menor proporción por una mezcla compleja de otros hidratos de carbono, enzimas, aminoácidos, ácidos orgánicos, minerales, sustancias aromáticas, pigmentos, cera y granos de polen (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SENASICA-SAGARPA], 2009). Tanto las características fisicoquímicas, como las organolépticas de la miel, están determinadas por su origen botánico y geográfico.

A la par de la cosecha de miel también es posible obtener productos como el polen; granos producidos por los estambres de las flores, el propóleo; una sustancia resinosa que las abejas usan como desinfectante, la jalea real; un compuesto rico en vitaminas que las abejas la utilizan para alimentar a su reina, y la cera; que sirve para formar la estructura básica de la colmena.

DESARROLLO DE LA APICULTURA EN MÉXICO

Antes de la llegada de los colonizadores europeos, en México se cosechaba miel empleando la abeja nativa *Melipona beecheii* la cual carece de aguijón, pero es menos productiva que la *Apis mellifera* introducida al continente a mediados del siglo XVIII (Ramírez, 1996). A partir de la segunda mitad del siglo XX con el surgimiento de empresas exportadoras de miel en Yucatán que introdujeron razas de abejas más dóciles y productivas, inició la apicultura moderna y comercial en el país (Ortega-Rivas & Ochoa-Bautista, 2004). A partir de la década de los 90's hasta el 2011, los países que más miel han importado son; Estados Unidos, Alemania,

Japón, Reino Unido y Francia, importando para ese último año 130,495, 77,361, 40,584, 35,644y 27,153 ton respectivamente (The Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database [FAOSTAT], 2014). Por otro lado, los países que más han exportado en dicho periodo han sido; China, Argentina, India, Vietnam, México, Brasil y Alemania, produciendo en el 2011 alrededor de 99,988, 72,356, 28,940, 28,032, 26,888, 22,399 y 18,946 toneladas respectivamente.

Cuadro 1. Producción de miel en México 2012

Lugar	Estado	Toneladas _{/a}	Valor _{/b}	Inventario _{/c}	Porcentaje _{/d}
1	Yucatán	10,405.49	270,134.90	348,014.00	17.76
2	Campeche	7,715.63	211,931.51	228,282.00	13.17
3	Jalisco	5,940.02	204,574.37	166,131.00	10.14
24	Aguascalientes	326.48	13,059.52	11,060.00	0.56
30	Querétaro	150.39	6,392.04	5,691.00	0.26
31	Distrito Federal	87.15	3,145.52	4,068.00	0.15
32	Baja California	80.19	3,758.41	8,024.00	0.14
TOTAL NACIONAL		58,601.72	2,002,802.29	1,898,239.00	

/a. Volumen de producción en toneladas métricas.

/b. Valor de producción en miles de pesos del año 2012.

/c. Inventario de colmenas productivas.

/d. Aportación porcentual de cada estado a la producción nacional total.

Fuente: SIACON, 2014.

A nivel nacional México obtuvo una producción de 58,601.72 ton empleando 1'898,239 colmenas en el año 2012, lo que generó alrededor de \$2'002,802.29 de pesos (MXN). En ese año Aguascalientes generó \$13'059,520.00 de pesos (MXN), contó con 11,060 colmenas y aportó 326.48 ton a la producción nacional (SAGARPA, 2014); (Cuadro 1). Por otro lado, a pesar de la importancia de la apicultura como generador a de riqueza, el sector afronta problemas para capitalizarse y acceder a créditos y apoyos gubernamentales, aunado a esto en el país el apicultor muestra un nivel promedio de capacitación y desarrollo tecnológico bajo, lo que ha limitado el desarrollo e incorporación de tecnología para aprovechar las floraciones, aumentar la productividad de las colmenas, asegurar la inocuidad,

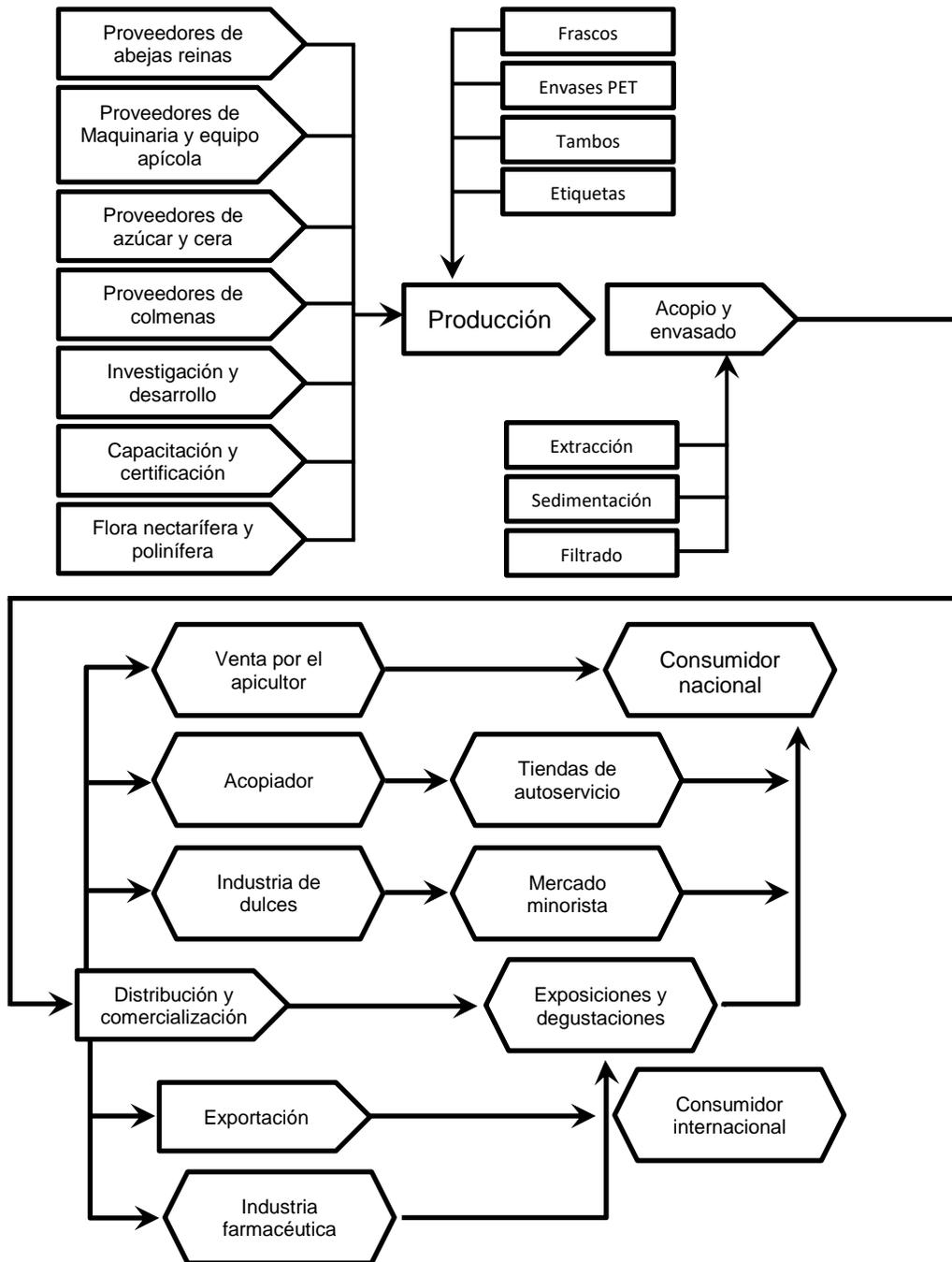
adoptar prácticas de producción bajo protocolos de calidad y explotar otros productos derivados (Echazarreta-González, Arellano-Rodríguez, & Pech-Moo, 2002).

Los apicultores mexicanos pueden clasificarse en tres grupos según sus esquemas productivos de acuerdo con su grado de tecnificación. El primero se clasifica como tecnificado y está compuesto por aquellos que adoptan innovaciones tecnológicas y que además generan la suya propia, movilizan apiarios y explotan varios derivados de la colmena, cuentan con más de 100 colmenas. El segundo se clasifica como semitecnificado, los productores de este grupo tienen de 60 a 100 colmenas y por lo regular comercializan su miel con acopiadores que la exportan, aunque tienen un nivel básico de tecnificación producen bajo protocolos de inocuidad como los del primer grupo, bajo este esquema se produce alrededor de la mitad de la miel en el país. El tercer grupo se compone por apicultores que practican la apicultura como una actividad complementaria a otras labores, tienen una baja tecnificación por lo que no todos producen bajo protocolos de inocuidad y poseen entre 10 y 60 colmenas (Echazarreta-González et al., 2002; Ortega-Rivas & Ochoa-Bautista, 2004).

CADENA PRODUCTIVA APÍCOLA

Las etapas de producción que conforman la cadena productiva de la miel (Figura 1) corresponden a los procesos implicados desde el cuidado de las abejas, hasta la adquisición de producto por el consumidor final distinguiendo tres grandes eslabones. El primero corresponde a la producción primaria que incluye las actividades que el apicultor realiza en el apiario para favorecer la producción de miel, lo que implica la elección del genotipo de las abejas, ubicación de los apiarios asegurando 3 km a la redonda para contar con un área de pecoreo óptima (Jean-Prost, 2007), alimentación, manejo de las colmena y cosecha. La producción secundaria es el segundo eslabón, tiene que ver con la extracción de la miel

involucrando actividades de recepción, extracción, envasado y almacenamiento. El tercer eslabón implica la comercialización, lo que implica definir si el destino del producto será el mercado nacional o el de exportación (Oyarzun, Figueroa, & Tartanac, 2005).

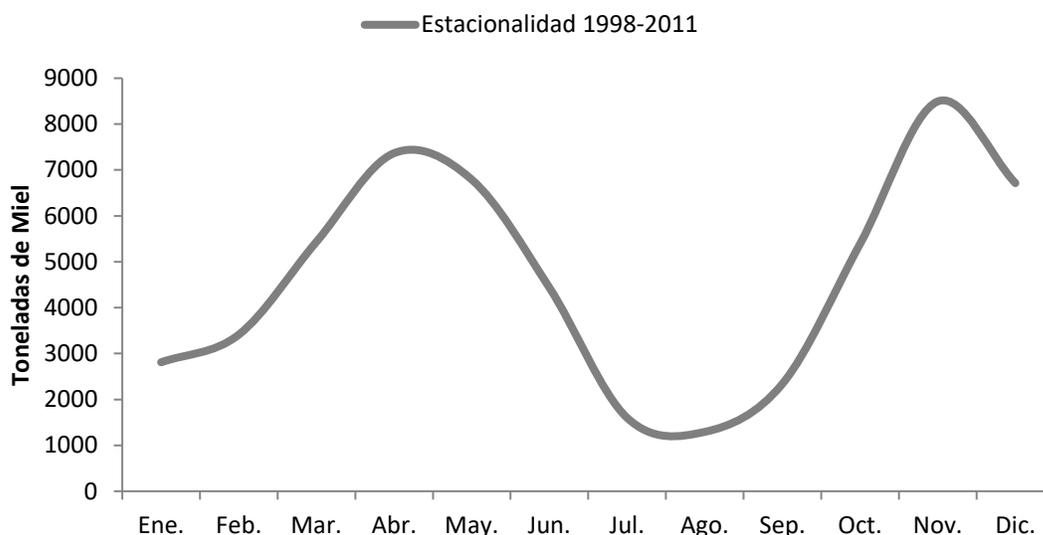


Fuente: Organización Nacional de Apicultores, 2007.

Figura 1. Cadena productiva de la miel

ESTACIONALIDAD Y REGIONALIZACIÓN

Los patrones de cosecha de la mayor parte del territorio mexicano muestran dos periodos principales en el año, el primero corresponde a las regiones sureste y costas del país, donde la producción se obtiene en el primer semestre del año entre los meses de marzo y mayo (primavera-verano), generando alrededor del 44% de la producción. El segundo proporciona el 60 % de la producción y tiene lugar entre los meses de septiembre y de noviembre (otoño-invierno), se obtiene en la zona del altiplano y norte del país. Por otro lado, la producción de la Península de Yucatán tiene lugar en los meses de diciembre a junio (Figura 2).



Fuente: Coordinación General de Ganadería con información del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera/SAGARPA, 2012.

Figura 2. Estacionalidad de la producción apícola

En el territorio nacional se distinguen las regiones apícolas clasificadas como; norte, costa del Pacífico, golfo, altiplano y región sureste o península de Yucatán (Figura 3), las cuales generan diferentes tipos de miel en función de sus características de humedad, color, aroma y sabor.



Fuente: Coordinación General de Ganadería/SAGARPA, 2013.

Figura 3. Regiones apícolas de México.

El estado de Aguascalientes se ubica en la región del altiplano que se distingue por tener mieles de coloración ámbar con una consistencia tipo mantequilla por su origen floral en el que destaca el acahual, o lampote y la aceitilla, la cual se produce principalmente durante los meses de octubre y noviembre. También se produce miel proveniente árbol mezquite, la cual está clasificada como miel extra clara ámbar y se cosecha principalmente en los meses de abril a mayo.

El tipo de flora que provee el néctar para que las abejas lo transformen y conviertan en miel, determina características específicas de coloración, sabor y consistencia en el producto, el cual tiene mejor precio en función de la mayor cantidad de néctar proveniente de una misma flor; miel monofloral, el precio disminuye conforme más flores componen la miel, miel multifloral. La miel de la primera cosecha de Aguascalientes, al tener una composición mínima en torno al 60 % de néctar de flor de mezquite es clasificada como miel monofloral, lo que le permite acceder a

mejores precios de venta como se observa en el Cuadro 2; \$40.00 pesos (MXN) por kg a precios del 2013 (SAGARPA, 2013).

Cuadro 2. Zonas productoras de miel y su precio de venta

REGIÓN DEL NORTE		REGIÓN DEL PACÍFICO	
Estado	Precio/kg	Estado	Precio/kg
Baja California Sur	39.00	Colima	36.00
Baja California	39.00	Chiapas	36.00
Coahuila	39.00	Guerrero	36.00
Chihuahua	39.00	Michoacán	36.00
Durango	39.00	Oaxaca	36.00
Nuevo León	39.00	Nayarit	36.00
Sonora	39.00	Sinaloa	36.00
Zacatecas	39.00		
REGIÓN DEL ALTIPLANO		REGIÓN DEL CENTRO	
Estado	Precio/kg	Estado	Precio/kg
Aguascalientes	40.00	Puebla	38.00
Distrito Federal	40.00	Querétaro	38.00
Guanajuato	40.00	San Luis Potosí	38.00
Hidalgo	40.00	Tlaxcala	38.00
Jalisco	40.00		
México	38.00		
Morelos	39.00		
REGIÓN DEL GOLFO		REGIÓN DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN	
Estado	Precio/kg	Estado	Precio/ kg
Tabasco	36.00	Campeche	34.00
Tamaulipas	36.00	Yucatán	34.00
Veracruz	36.00	Quintana Roo	34.00

Fuente: SAGARPA, 2013.

COSECHA DE MIEL DE MEZQUITE (*Prosopis laevigata*)

Mediante un análisis palinológico de la miel es posible determinar su fuente de néctar con base en el tipo de polen que contiene, y obtiene la cualidad de monofloral si más del 50 % de su composición proviene de una misma fuente de néctar (Rivas, 2006). Esta circunstancia se cumple para la miel de mezquite (*Prosopis laevigata*) que se cosecha en el primer semestre del año (abril-mayo), y también para la que se cosecha en el segundo semestre (septiembre-noviembre), la cual a pesar de estar conformada por el néctar de diferentes flores, se identifica a la aceitilla (*Bidens spp.*), como la que contribuye con más del 50% (Acosta-Castellanos, Quiroz-García, Arreguín-Sánchez, & Fernández-Nava, 2011).

La miel de mezquite se cosecha en el primer semestre del año predominantemente durante los meses de abril y mayo (Anexo 1), se trata de un tipo de miel con bajo contenido de agua por lo que cristaliza rápidamente.



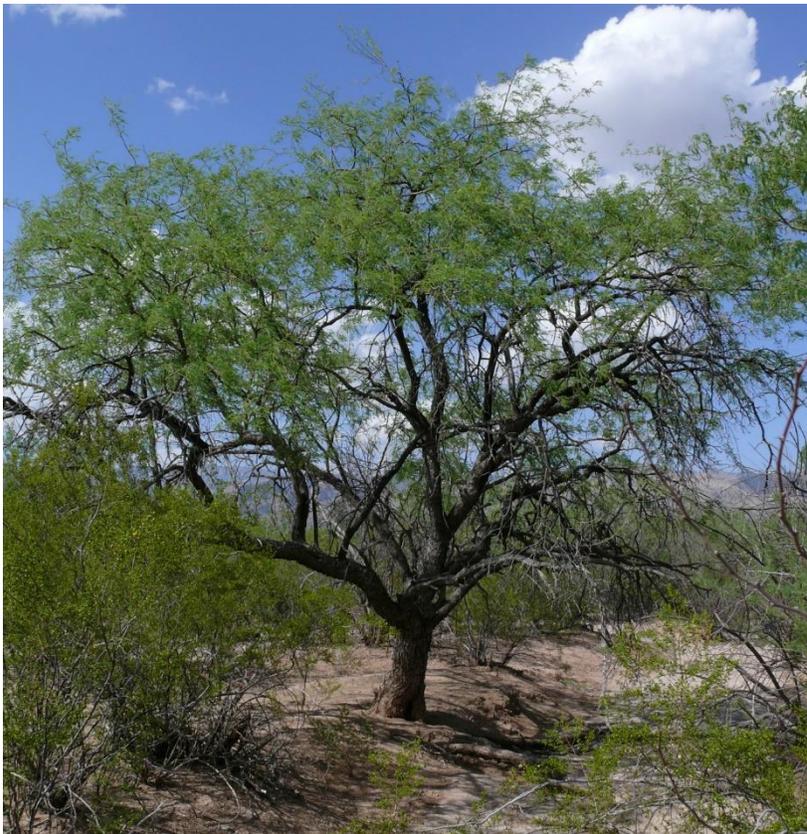
Fuente: El Cenzontle, 2008.

Figura 4. Flor de mezquite

La población de mezquite (*Prosopis spp.*) abarca alrededor del 50 % del área de las zonas áridas y semiáridas del país, en la región del altiplano mexicano resaltan tres zonas fisiográficas de distribución; el altiplano septentrional, altiplano central; donde se encuentra Aguascalientes y abunda el mezquite *Prosopis laevigata*, y altiplano

meridional (Comisión Nacional de Zonas Áridas-Instituto Nacional de Ecología [CONAZA-INE], 1994).

El mezquite ofrece una gama de productos que lo hacen de gran importancia en las regiones áridas y semiáridas de México, como sus flores para cosechar miel, sus hojas y vainas que sirven de alimento y forraje (Andrade-Montemayor, Cordova-Torres, García-Gasca, & Kawas, 2011; Galindo-Almanza & Garcia-Moya, 1986; Pennington & Sarukán, 2005; PRONARE, 1999), y su madera que se emplea para la carpintería y para producir leña y carbón (Galera, 2000; Galindo-Almanza & Garcia-Moya, 1986; Pasiiecznik et al., 2001).



Fuente: SAGARPA, 2008.

Figura 5. Árbol de mezquite (*Prosopis spp.*)



Fuente: El Cenzontle, 2007.

Figura 6. Flor de aceitilla (*Bidens spp.*)

El mezquite también ofrece diversos servicios ecosistémicos de gran importancia para el medio ambiente, promueve la fijación de nitrógeno en el suelo, mejora la actividad microbiana en suelos degradados, retrasa la desertificación de las tierras fértiles, por lo que su propagación podría ser una buen estrategia para evitar la degradación de las tierras cultivadas (García-Sánchez et al., 2012; Mosweu, Munyati, & Kabanda, 2013; Reyes-Reyes et al., 2002; T. G. Ruiz, Zaragoza, & Cerrato, 2008), además al ser una freatofita promueve la recarga y preservación de los mantos freáticos (Cervantes-Ramírez, 2002; Pasiecznik et al., 2001). Las lluvias de invierno favorecen la producción de miel de esta planta que presenta floraciones de marzo a mayo y fructifica de junio a agosto (Mata-Espinosa & Talavera-Magaña, 2008).

MARCO TEÓRICO

LOS POLINIZADORES Y LAS FUENTES DE NÉCTAR

La especie económicamente más valiosa tanto para polinizar los cultivos agrícolas, como para producir miel es la abeja europea *Apis mellifera* (Allen-Wardell et al., 1998). Debido a los servicios ecosistémicos que proporcionan, los insectos polinizadores son esenciales para la subsistencia de la humanidad, cruciales para mantener la biodiversidad y fundamentales para la sustentabilidad de la agricultura, pero su conservación y manejo han sido desatendidas debido al desconocimiento generalizado de la mayoría de los servicios que los seres humanos disfrutamos gracias a ellos (Kremen, Williams, & Thorp, 2002; Williams, 1996, 2002), a pesar de que están disminuyendo alrededor del mundo (Agricultural Research Service-United States Department of Agriculture [ARS-USDA], 2007, 2012), y aunque aún no se conoce con precisión la forma en la que los cambios del ambiente están afectando su proliferación, hay evidencia que tales variaciones afectan de forma directa sobre el desarrollo y evolución de las abejas, así como sobre su interacción tanto con enfermedades y parásitos, como con otros seres vivos (Le-Conte & Navajas, 2008).

Los cambios ambientales pueden alterar el balance de la interacción entre plantas y polinizadores (Le-Conte & Navajas, 2008), modificando los periodos de floración generando un nuevo escenario bioeconómico ante una nueva distribución geográfica y temporal de la agricultura con sus malezas asociadas (Thuiller, Lavorel, Araújo, Sykes, & Prentice, 2005), así como de las zonas con tipo de vegetación correspondiente a pastizal, matorral y bosque (Kogan, 1990; Moir, 2011).

La fenología entendida como el estudio de la relación entre los factores climáticos y los ciclos de los seres vivos (García-Sánchez et al., 2012), ha permitido el análisis del comportamiento, desarrollo y productividad de los polinizadores demostrando que los factores ambientales relativos a la temperatura, la radiación solar, la lluvia, la humedad y la velocidad del viento, han sido determinantes de los cambios fenológicos ocurridos en las abejas (Bartomeus et al., 2011a; Gordo & Sanz, 2006, 2010; Gordo, Sanz, & Lobo, 2010; Omoloye & Akinsola, 2006; Vicens & Bosch, 2000), y en consecuencia también han determinado en gran medida de la

productividad de este insecto. Por lo que se deduce que la fenología de las abejas es un bioindicador con cierta precisión y sensibilidad de los cambios en el ecosistema y los patrones de producción, debido a que tanto las abejas como las plantas con las que ellas interactúan para obtener polen y miel, responden a los cambios que tienen lugar en el ambiente de los ecosistemas en los que viven (Fitter & Fitter, 2002; Gordo & Sanz, 2010; Grombone-Guaratini, Solferini, & Semir, 2004; Menzel et al., 2006).

Se ha demostrado que a causa de los cambios en los patrones de clima del planeta está ocurriendo un cambio importante en los patrones de desarrollo de los seres vivos (Abbott & Le Maitre, 2010; Gordo & Sanz, 2010; Parmesan & Yohe, 2003; Root, MacMynowski, Mastrandrea, & Schneider, 2005; Root et al., 2003). Lo que ha sido de utilidad para evidenciar ante los responsables del diseño de políticas públicas para el sector agropecuario la presencia de cambios reales en los ecosistemas, ya que cuando los organismos están alterando sus ciclos de vida en respuesta a los cambios en el clima, es de primordial importancia conocer la magnitud de las respuestas fenológicas de las especies (Visser & Both, 2005), para poder evaluar el correspondiente impacto económico en el sistema de mercado.

Las especies que coexisten en una zona determinada están sometidas a diversos factores ambientales que establecen los ciclos de germinación y emergencia que condicionan su establecimiento y proliferación. Este hecho se puede evidenciar al observar como la productividad de las abejas está subordinada a los factores climáticos (Delgado, Galindo-Cardona, & Restrepo, 2007; Dell, Sparks, & Dennis, 2005; Gordo & Sanz, 2006; Gordo et al., 2010; Omoloye & Akinsola, 2006; Roy & Sparks, 2000; Sparks & Yates, 1997; Vicens & Bosch, 2000), tal como ocurre con los periodos de floración del mezquite y su producción de néctar (Carrillo-Parra et al., 2013; Galera, 2000; Mata-Espinosa & Talavera-Magaña, 2008; Pasiiecznik et al., 2001), los cuales están determinados por los cambios en la precipitación y la temperatura ante los que el mezquite se adapta físicamente para reducir la pérdida

de agua (Carrillo-Parra et al., 2013; Giantomasi, Roig-Juñent, Patón-Domínguez, & Massaccesi, 2012; Pasiiecznik et al., 2001).

Las abejas domesticadas y silvestres se ven afectadas por factores antropogénicos como cambios en las prácticas agrícolas, las pérdidas de pastizales, urbanización y la propagación de agentes patógenos (Mahadeo et al., 2012; Pasiiecznik et al., 2001; Toro, 2002), lo que ha llevado tanto a la extinción de muchas abejas nativas, como a una reducción en el número de colonias de abejas domesticadas, al poner en situación de riesgo las bases nutricionales para estos insectos. Si se conjunta esto con el cambio climático se prevé un impacto tanto en las poblaciones de abejas nativas, como en las prácticas apícolas (Grünewald, 2010).

Estudios de seguimiento a largo plazo sobre el cambio climático, han dado evidencias de que el clima en las últimas décadas ha mostrado alteraciones en comparación con el clima en el pasado, observando que las recientes tendencias ambientales están afectando a la fisiología de diversas especies, su distribución y fenología, esto se ha manifestado en algunas especies de plantas que son fuentes de néctar para la producción de miel, y que se han manifestado cambios en sus fechas de floración y distribución (Clark & Thompson, 2010; Hughes, 2000; Miller-Rushing, Høye, Inouye, & Post, 2010; Miller-Rushing & Primack, 2008).

Ante estas evidencias resalta la necesidad de profundizar en la investigación para entender más ampliamente la forma en la que los factores ambientales inciden sobre la producción de miel, ya que una vez que el apicultor ha realizado todas las labores necesarias para que las abejas vivan, trabajen y produzcan según los estándares de calidad e inocuidad, la productividad de las abejas estará determinada por las condiciones climáticas de cada ecosistema.

MODELACIÓN BIOECONÓMICA

Para que un modelo bioeconómico sea funcional debe considerar en su diseño las variables relevantes que determinan los procesos biológicos de la variable dependiente, los cuales no solamente toman en cuenta el desarrollo de plantas y animales, las características del suelo, sino también su respuesta a la actividad humana.

En términos de una función de producción, un modelo bioeconómico se refiere al análisis de los factores implicados en el rendimiento de un recurso específico supeditado a variables de carácter biológico como el suelo, el clima, la vegetación, etc. (Brown, 2000), considerando la interacción entre los procesos biofísicos, agroecológicos y socioeconómicos (Brown, 2000; Ruben, Kuyvenhoven, & Kruseman, 1998), de tal manera que sea posible dar lugar a la toma de decisiones con base en la interacción observada entre los recursos biológicos, como el suelo y lo que se produce en él, el tipo de vegetación, con el clima y su consecuente impacto en la producción dentro de la cadena de valor.

Para la evaluación de las consecuencias económicas del cambio climático se han desarrollado modelos bioeconómicos para analizar la respuesta marginal de la producción con respecto a eventos específicos del clima (Castro, 2009; Cruz & Llinas, 2010), a partir de una función de producción tipo Cobb-Douglas implementando modificaciones al modelo clásico para que se ajuste a los propósitos de un análisis bioeconómico, ya que el modelo tradicional mide la producción en función de variables de entrada como lo son el capital y el trabajo, las variables exógenas como el clima, son asumidas normalmente como constantes. Un ejemplo de este tipo de ajuste al modelo clásico es el modelo propuesto por Cruz y Llinas (2010), con el que evalúa la producción de las cosechas, con base en la relación con los factores relativos al clima, dejando constantes los factores input correspondientes a capital y trabajo. Así el modelo modificado mide los efectos marginales de la lluvia y la temperatura sobre la producción, permitiendo visualizar la productividad marginal de las variables ambientales, lo cual también se ha

aplicado al análisis de granos como el maíz, la soya y el trigo, para comprender los efectos del ambiente sobre la cosecha encaminado a mejorar la tecnología y el manejo técnico, minimizando los embates de los cambios del clima para aumentar los ingresos económicos (Allmaras, Burrows, & Larson, 1964; Chang, 1981; Davis & Pallesen, 1940; Garcia, Offutt, Pinar, & Changnon, 1987; Hazell, 1984; Hill, Johnson, & Ryan, 1979; Runge, 1968; Runge & Odell, 1958; Smith, 1904, 1914; Smith & Gibbs, 1904; Voss, Hanway, & Fuller, 1970).

Con el apoyo de pronósticos de producción se pueden establecer estrategias de política pública para afrontar el impacto ambiental tanto en los cultivos, como en las diversas especies vegetales presentes en su entorno, tales como árboles y malezas que son fuente de néctar para la producción de miel, mediante las cuales se pueden formular propuestas metodológicas y técnicas para afrontar la problemática relativa al impacto del ambiente sobre los rendimientos de las cosechas en diversos productos agropecuarios, logrando mejores estrategias para proporcionar asistencia ante siniestros ambientales que afecten la seguridad alimentaria (Reilly, Graham, & Hrubovcak, 2001).

Función de producción tipo Cobb Douglas

Bajo un enfoque neoclásico la función de producción de Cobb y Douglas ha sido el punto de referencia del análisis productivo, la cual asume rendimientos decrecientes de cada factor y rendimientos constantes de los factores en su conjunto. A pesar de que en los años 30's y 40's del siglo XX se propusieron puntos de vista sobre la empresa y la productividad, como los enfoques de Hayek, 1934; Coase, 1937 y Simon en 1945, los cuales se oponen a las propuestas de Cobb y Douglas, ya que Hayek insiste en la relevancia del tiempo, Coase en que la naturaleza de la empresa es totalmente distinta a la del mercado, y Simon evidencia las relaciones jerárquicas presentes al interior de la empresa, ha predominado la formulación de Cobb y Douglas (Coase, 1937; González, 2009; Simon, 1997; Von-Hayek, 1934). A pesar de

estas discrepancias e importante destacar que Cobb y Douglas expresaron la necesidad de haber incluido en su planteamiento a los recursos naturales como tercer factor, con lo cual podría replantearse la relación entre el capital, el trabajo y la producción (Cobb & Douglas, 1928), ya que cuando el problema de la producción se reduce a considerar unicamente máquinas y personas, se omiten discusiones relevantes que surgen de los cambios en el ambiente, por lo que cambia las interpretaciones de política pública.

La función de producción es un esquema de análisis de la relación entre los insumos implicados en un proceso y el rendimiento final, lo cual puede describirse como:

$$Y = F(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

Dónde Y es la producción, y X_i los insumos implicados.

La función de producción tipo Cobb-Douglas se expresa de forma general como:

$$Y = C \prod_{i=1}^{i=n} V_i^{\alpha_i}$$

Donde, Y es el producto obtenido, C es el parámetro constante de eficiencia, se trata de un valor determinado tanto por las unidades de medida de las variables consideradas (Y , V_i), como por la eficiencia del proceso de producción, α_i son los parámetros de elasticidad y V_i las cantidades de los factores productivos implicados.

Para la estimación del modelo por MCO es necesario linearizar la ecuación mediante logaritmos naturales, y de esa forma partir de una función lineal en los parámetros, en donde las β 's son las elasticidades de la oferta entre la producción con las variables independientes. De tal forma que la función original:

$$Y_i = e^{\alpha} \cdot X_1^{\beta_1} \cdot X_2^{\beta_2} \dots X_i^{\beta_i} \cdot e^{-u_i}$$

Con $i = 1, 2, \dots, n$

Es transformada en:

$$\ln Y_i = \alpha + \beta_1 \ln X_1 + \beta_2 \ln X_2 + \dots + \beta_i \ln X_i + u_i$$

Con $i = 1, 2, \dots, n$

Dónde Y es el producto; X_i los insumos considerados; e^α es la constante multiplicativa; las β 's son los parámetros del cambio porcentual en la producción al variar en 1% la cantidad del insumo correspondiente empleado; y e^{-u_i} es el error.

Y es un vector de dimensión $n \cdot 1$ que denota la cantidad de producto obtenido, $X=(X_1, X_2, \dots, X_n)$ un vector de n insumos y $\beta = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n)$ un vector de n parámetros desconocidos. Así puede verse que cuando $(\beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n) = 1$, a una variación proporcional en las cantidades de insumo, el producto varía en la misma proporción. Una función de este tipo se dice que es homogénea de grado 1. Si de otro modo $(\beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n) < 1$, ante un incremento proporcional a todos los insumos, el producto aumenta, pero en menor proporción que éstos. Finalmente, cuando $(\beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n) > 1$, a un incremento proporcional en los insumos, el producto aumenta en mayor proporción.

Hay diversas aplicaciones de la función Cobb-Douglas para el análisis de la producción agropecuaria (Bravo-Ureta & Rieger, 1990; Colom, Sabate, & Saez, 1996; Murua & Albisu, 1993), en el ámbito ganadero Bravo-Ureta y Rieger (1990) emplearon esta función para estimar la producción en vacas lecheras; Murua y Albisu (1993) determinan la producción porcina empleando como variables explicativas el pienso suministrado, el capital y la gestión técnica; en fitotecnia Colom et al. (1995), estudiaron la competitividad y eficiencia productiva de las sociedades agrarias de cereales. Asimismo este método ha sido útil en el análisis del rendimiento de cultivos, como el trigo, la soya, el algodón y el arroz, mostrando la sensibilidad de estos cultivos a las condiciones climáticas (Amien, Rejekiningrum, Pramudia, & Susanti, 1996; Jalota, Sood, Vitale, & Srinivasan, 2007; Kaufmann &

Snell, 1997; Kumar & Parikh, 2001; Reyes, Mina, Crean, Guzman, & Parton, 2009; Seo et al., 2005), y tomando como base este esquema se han desarrollado modelos bioeconómicos que describen la respuesta marginal de la producción con respecto a eventos específicos en el ecosistema (Castro, 2009; Cruz & Llinas, 2010).

METODOLOGÍA

A continuación se lleva a cabo la descripción del área de estudio en la que se realizó el experimento de carácter socioeconómico, el método de determinación del tamaño de muestra y el perfil de los apicultores que la conformaron. El diseño y desarrollo de un experimento socioeconómico implica diversas dificultades de carácter metodológico y técnico para la conformación de una muestra con características que permitan una homogeneidad entre sus elementos, para reducir la varianza y los errores en los pronósticos, dichas dificultades fueron satisfactoriamente superadas en relación a la recolección de información de calidad con base en la selección adecuada de elementos de la muestra y delimitación de la investigación social no experimental, con lo que a continuación se procedió a la construcción de la base de datos para proceder al diseño de la función de producción tipo Cobb-Douglas para la miel de abeja.

MÉTODO DE MODELACIÓN DE LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN

El método que se aplicó para el análisis del fenómeno socioeconómico que implica la producción de miel fue la regresión lineal múltiple (RLM) por mínimos cuadrados ordinarios (MCO), con lo que fue posible observar como las variables relacionadas con el clima, el uso del suelo y el trabajo, determinaron la respuesta fenológica tanto de la fuente de néctar como de las abejas, y en consecuencia, la productividad de miel de mezquite en la primera temporada de cosecha.

Este método resultó idóneo debido a que ha sido empleado para pronosticar la respuesta fenológica de diversas especies de plantas y animales (Bartomeus et al., 2011a; Dell et al., 2005; Gordo & Sanz, 2006; Roy & Sparks, 2000; Sparks & Yates, 1997), su productividad (García-Suárez, Carreto-Montoya, Cárdenas-Navarro, Díaz-Pérez, & López-Gómez, 2007; Lobell, Cahill, & Field, 2007; Omoloye & Akinsola, 2006; Pereira, Caramelo, Gouveia, Gomes-Laranjo, & Magalhaes, 2011; Vicens & Bosch, 2000) así como la forma en la que actúan entre especies (Gordo & Sanz, 2010; Gordo et al., 2010).

Con una función de producción tipo Cobb-Douglas se llevó a cabo el análisis de la forma en la que respondió la producción de miel de abeja por colmena en Aguascalientes, bajo el efecto de variables climáticas como la precipitación y la temperatura; de uso de suelo como la superficie agrícola; y de trabajo como el trabajo empleado por colmena. Para corregir la endogeneidad del modelo correspondiente a la función de producción se utilizó el método de mínimos cuadrados en dos etapas; TSLS, por sus siglas en inglés. Para hacer el modelo dinámico se incorporaron variables con retardo en ambos lados del modelo mediante una especificación autoregresiva.

La información agroclimática que se utilizó para el desarrollo de este proyecto correspondió a la que la CONAGUA (Comisión Nacional del Agua), recabó en las estaciones meteorológicas del año 1998 al 2011, los datos sobre cobertura vegetal a nivel municipal fueron proporcionados por la SAGARPA y el INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática), por último, la información sobre la producción de miel por colmena se obtuvo encuestando a una muestra de productores afiliados al Comité sistema Producto Apícola del Estado de Aguascalientes, A. C., agrupación de apicultores que exige que sus miembros trabajen en la producción de miel bajo los mismos protocolos de sanidad y manejo técnico.

Las variables climáticas que escogieron para formar parte del modelo fueron seleccionadas con base a las que han sido consideradas, por autores que han estudiado las características biológicas de las abejas y su respuesta ante cambios en el ambiente, así como la fenología de las flores que proveen el néctar para la 1er cosecha de miel. Las variables relativas a la cobertura vegetal de pastizal, matorral, bosque y superficie agrícola a nivel municipal, se incluyeron para inferir la disponibilidad de recursos florísticos, y por lo tanto de néctar. En la función de producción también se incluyó el trabajo empleado para considerar los factores que el hombre puede controlar.

Para realizar el análisis de la productividad de miel de abeja por colmena, se construyó una función de producción del tipo Cobb Douglas (Quantitative Micro Software [QMS], 2010) de la siguiente forma:

$$Y_i = AX_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} \dots X_i^{\beta_i} e^{-u_i}$$

Dónde:

Y_i = Producción promedio de miel de abeja por colmena.

X_i = Variables relativas a temperatura, lluvia, cobertura vegetal, superficie agrícola y trabajo. Con $i = 1, 2, \dots, n$.

A = Constante multiplicativa.

β_i = Parámetros que muestran el cambio porcentual en la variable dependiente cuando varía en 1% una variable explicativa determinada, manteniendo las demás constantes. Con $i = 1, 2, \dots, n$.

e^{-u_i} = Error.

Cálculo del tamaño de muestra

Para determinar el tamaño de la muestra estadísticamente significativa para conformar el modelo de la función de producción, se empleó el muestreo aleatorio simple para una población finita (Cochran, 1977; Scheaffer, Mendenhall, Ott, & Gerow, 2011).

Debido a que se conoce el inventario de colmenas del estado por las estadísticas de SAGARPA, el tamaño de muestra se obtuvo mediante muestreo aleatorio simple para una población finita de la siguiente forma:

$$n = \frac{N \cdot Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 \cdot s_N^2}{\left(N \cdot d^2 \right) + \left(Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 \cdot s_N^2 \right)}$$

Dónde:

n = Número de colmenas a considerar para obtener información.

N = Inventario de colmenas de Aguascalientes.

s_N^2 = Varianza de la población.

d = Nivel de precisión.

$$d^2 = Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 \cdot S_{\bar{X}}^2$$

$Z_{\frac{\alpha}{2}}$ = Valor de Z, $N \sim (1,0)$, (distribución normal estándar), probabilidad del error.

El tamaño de muestra mínima representativa calculada correspondió a 1,174.93 colmenas, al aplicar la encuesta correspondiente se obtuvo información del 44% del inventario de colmenas de Aguascalientes para 2012 de acuerdo con SAGARPA (SAGARPA, 2014), por lo que para la construcción de la función de producción se utilizó más información para mejorar su capacidad para explicar el fenómeno y realizar pronósticos.

Zona de investigación

La zona de investigación abarcó el estado de Aguascalientes, el cual forma parte de la República Mexicana y cuenta con una extensión de 5,589 km², está dividido

en once municipios; Aguascalientes, El Llano, San José de Gracia, San Francisco de los Romo, Asientos, Jesús María, Calvillo, Tepezalá, Cosío, Pabellón de Arteaga, y Rincón de Romos. La región presenta un clima semiseco con 17.4°C de temperatura media anual y 526 mm de lluvia promedio al año. La temporada de lluvias tiene lugar en el verano y la máxima precipitación se presenta en julio (INEGI, 1984).

Diseño de investigación no experimental

El fenómeno que se analizó en este trabajo; la producción de miel de mezquite (*Prosopis laevigata*), se desarrolló bajo condiciones dadas por su misma naturaleza, lo que imposibilitó el control de las condiciones que determinaron la producción promedio por colmena, al estar sujeta a variables alejadas del control humano tales como el clima y la cobertura vegetal, es decir, el fenómeno fue analizado tal y como se desarrolló bajo su propia dinámica en la naturaleza, razón por la cual el diseño de la investigación fue no experimental (Campbell & Stanley, 1973; Christensen, 2007), y longitudinal de panel abarcando un periodo de 14 años. La información de la muestra de apicultores seleccionados por haber mantenido sus apiarios en las mismas zonas en el periodo de análisis se recopiló con la encuesta mostrada en el Anexo 2.

Perfil de la muestra

Buscando homogeneidad en la localización de los apiarios durante el periodo de estudio, y en las labores culturales para la producción de miel bajo protocolos de inocuidad, se seleccionó una muestra de apicultores afiliados al Comité Sistema Producto Apícola del Estado de Aguascalientes A. C., que en su mayoría producen para exportar y realizan las mismas actividades de manejo técnico para asegurar la calidad que exigen los acopiadores bajo directrices de SENASICA (Servicio

Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria); dichos intermediarios son de los que se valen los apicultores para hacer llegar su producto al extranjero.

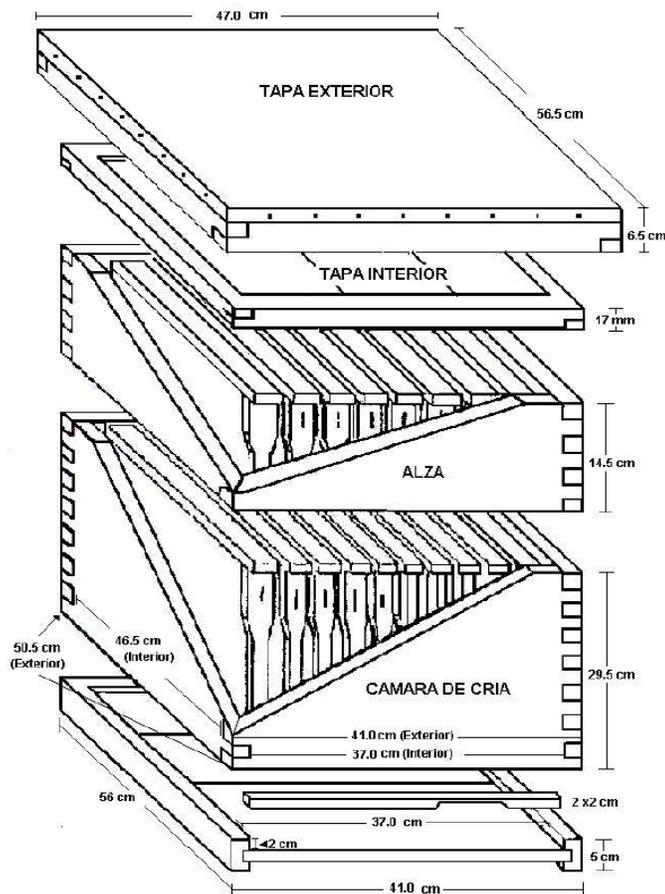
El tipo de abeja empleado en prácticamente toda la región de estudio corresponde a abejas mestizas, producto del apareamiento de la *Apis mellifera cárnica* (abeja carniola) y la *Apis mellifera ligústica* (abeja italiana), los apicultores de la muestra llevan a cabo medidas para evitar la africanización de sus colmenas cambiando la reina de cada una cada año; aunque esta sea capaz de vivir hasta tres años, para garantizar la prevalencia de un genotipo dócil (Guzmán-Novoa, Uribe-Rubio, Hunt, Correa-Benítez, & Zozaya-Rubio, 2003).



Fuente: Coordinación General de Ganadería/SAGARPA.

Figura 7. Abeja reina y obreras (*Apis mellifera ligústica*)

El tipo de colmena que los productores seleccionados utilizan es la denominada tipo Jumbo (Figura 9).



Fuente: Coordinación General de Ganadería/SAGARPA.

Figura 8. Colmena Jumbo

Este tipo de colmena con dimensiones de 38 cm de ancho, 29.5 cm de alto y 46.5 cm de largo, es un poco más grande que la de tipo Langstroth, razón por la que los apicultores encuestados la prefieren para asegurar una mayor cantidad de postura de la reina.

Ya que la cámara de cría y los bastidores son más grandes, este tipo de colmena asegura mayor espacio para la crianza, con lo que se podría disminuir o evitar la enjambrazón. Asimismo, las alzas tienen una altura correspondiente a la mitad de altura de la cámara de cría, esto facilita su manejo y cosecha, ya que al llenarse de miel son más ligeras que las Langstroth.

Para seleccionar los lugares en donde asentar los apiarios, los productores seleccionados consideraron varios criterios, en primer lugar los ubicaron donde identificaron una abundante vegetación de los recursos florísticos implicados en la cosecha; abundancia de árboles de mezquite en este caso, para asegurar tanto la alimentación de las abejas, como la producción de derivados de la colmena.

Las abejas pueden cosechar satisfactoriamente hasta un radio de 3 km o (Asociación Nacional del Café [ANACAFE], 2004; IICA, 2009; TodoMiel, 2010) por lo que se procura estar cerca de las fuentes de néctar, ya que aunque pueden abarcar hasta un radio de 6 km, estos insectos requerirían un consumo de energía mayor disminuyendo la cantidad transportada a la colmena.

En la zona de estudio el consumo de agua por colmena es de hasta 3 lts diarios por colmena, para lo cual los productores procuran bebederos en los apiarios y un alejamiento de al menos 4 km de fuentes de agua contaminada.

Respecto a la interacción con otros productores, la muestra seleccionada coloca sus colmenas a una distancia de alrededor de 6 km de otros apiarios; con el fin de evitar el pillaje y la competencia entre las abejas de distintos apicultores (IICA, 2009; SENASICA-SAGARPA, 2009), y a un mínimo de 200 m de distancia de casas, escuelas, caminos, corrales de animales, etc., como lo señala la Norma Oficial Mexicana NOM-002-Z00-1994, Actividades Técnicas y Operativas Aplicables al Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana.

Debido a que Aguascalientes se ubica en el altiplano mexicano su producción de miel se ve sujeta a una dinámica ambiental que determina el tiempo en el que debe realizarse cada una de las labores culturales que requiere el apiario.

Todos los apicultores de la muestra llevan a cabo las labores enunciadas en el Cuadro 3, con el propósito de cumplir con lo establecido en los protocolos de calidad e inocuidad que exigen los mercados de exportación y las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) respectivas.

Cuadro 3. Guía apícola para el altiplano mexicano

Actividades	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30		
	Alimentación artificial																							
Alimentación artificial																								
Revisión básica																								
Revisión de enjambrazón																								
Cambio de reina																								
Mantenimiento al área de colmenas																								
Cambio de bastidores viejos																								
Prevención de enfermedades																								
Preparación de cosecha																								
Cosecha																								
Reparación de material																								
División artificial de colmenas																								

Fuente: Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana. SAGARPA.

CONSTRUCCIÓN DE LA BASE DE DATOS PARA LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN

El modelo correspondiente a la función de producción se llevó a cabo considerando las variables explicativas de forma anual por apiario, obteniendo 1,036 repeticiones de 78 apiarios, abarcando de 1998 a 2011. La producción de miel por colmena fue la variable de respuesta que determinó la conformación de la base de datos, junto con las relativas al clima y a la producción y manejo técnico (Cuadro 4 y Cuadro 5.)

Cuadro 4. Variables relativas a producción y manejo técnico

Variable	Descripción	Unidad
Y	Producción de miel por colmena	Kg/colmena
A	Superficie agrícola	Hectáreas (ha)
B	Superficie de bosque	
M	Superficie de matorral	
P	Superficie de pastizal	
J	Jornales adicionales a 1/año/colmena por colmena al año	Porcentaje (%)

Cuadro 5. Variables relativas al clima

Variable	Descripción	Unidad
T	Temperatura mínima 1er semestre del año	Grados centígrados (C ⁰)
H-1	Precipitación del 1er semestre del año anterior	mm/día

La selección de la temperatura y la precipitación pluvial como variables explicativas se basó en lo observado por diversos autores acerca de la respuesta fenológica de las abejas y la fuente de néctar a variaciones en la temperatura (Bartomeus et al., 2011a; Carrillo-Parra et al., 2013; CONAZA-INE, 1994; Dell et al., 2005; Giantomasi et al., 2012; Gordo & Sanz, 2006; Gordo et al., 2010; Le-Conte & Navajas, 2008; Pasiecznik et al., 2001; Reyes-Reyes et al., 2002; Roy & Sparks, 2000; Sparks & Yates, 1997; Thuiller et al., 2005), y en la lluvia (Funes, Díaz, & Venier, 2009; Gordo & Sanz, 2010; Karlsson, Tamado, & Milberg, 2008; Parizek, DeLaReta, Catalán, Balzarini, & Karlin, 2000; Vibrans, 1995), tomando en cuenta la interacción de las abejas al polinizar el mezquite (Mahadeo et al., 2012; Rivas, 2006; Toro, 2002).

Para la construcción del modelo se consideró la información de las variables climáticas descritas, asociadas a 28 estaciones meteorológicas seleccionadas del total de las que trabajan en el estado, en función de su cercanía con los apiarios de los apicultores seleccionados. La información a nivel municipal sobre el tipo y cobertura vegetal fueron obtenidos del INEGI, CONAGUA y SAGARPA. Con la encuesta directa se obtuvieron los datos de volumen de producción anual y ubicación de los apiarios.

Para compaginar la producción de cada apiario con la información climática, de trabajo y de vegetación correspondiente, se ubicaron los apiarios y la estación meteorológica más cercana a cada uno a través de sus coordenadas geográficas. Bajo este criterio se seleccionaron 28 estaciones meteorológicas (Cuadro 6) de un total de 61 estaciones pertenecientes a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en el Estado de Aguascalientes (Figura 10), las cuales proporcionaron registros diarios de temperatura y precipitación desde 1998 hasta 2011.

El mezquite (*Prosopis laevigata*) aporta alrededor del 60% del néctar para producir la miel de la primera cosecha del año que tiene lugar en los meses de abril y mayo, en vegetación de matorral, bosque y pastizal. Estos tipos de vegetación se ven afectados en su extensión por el crecimiento de la superficie empleada para la agricultura.

Cuadro 6. Estaciones meteorológicas administradas por CONAGUA en Aguascalientes

NOMBRE	MUNICIPIO	NOMBRE	MUNICIPIO		
1004*	CAÑADA HONDA	AGUASCALIENTES	1073*	LA TINAJA II	EL LLANO
1005*	PRESA EL NIAGARA	AGUASCALIENTES	1074*	CIENEGUILLA	AGUASCALIENTES
1008	PUERTO DE LA CONCEPCION	TEPEZALÁ	1075*	MONTORO	AGUASCALIENTES
1010	LA TINAJA	SAN JOSÉ DE GRACIA	1076*	LOS NEGRITOS	AGUASCALIENTES
1011	MALPASO	CALVILLO	1077	EL OCOTE I	AGUASCALIENTES
1012*	PRESA MEDIA LUNA	CALVILLO	1078	EL OCOTE II	CALVILLO
1013	MESILLAS	TEPEZALÁ	1079*	PEÑUELAS	AGUASCALIENTES
1014*	PABELLON (CAMPO EXP)	PABELLÓN DE ARTEGA	1080*	PRESA CANUTILLO	JESUS MARIA
1015*	PALO ALTO	EL LLANO	1081	RANCHO SECO	ASIENTOS
1017	PRESA POTRERILLOS	SAN JOSÉ DE GRACIA	1082*	RINCON DE ROMOS	RINCÓN DE ROMOS
1018	PRESA PLUTARCO E CALLES	SAN JOSÉ DE GRACIA	1083*	SAN FCO DE LOS ROMO	SAN FCO. DE LOS ROMO
1019*	PRESA JOCOQUE	PABELLÓN DE ARTEGA	1084	SAN GIL	ASIENTOS
1020*	PRESA LA CODORNIZ	CALVILLO	1085*	TEPETATILLO	ASIENTOS
1021	RANCHO VIEJO	SAN JOSÉ DE GRACIA	1088*	COSIO	COSÍO
1022*	SAN BARTOLO	AGUASCALIENTES	1089	PRESA 50 ANIVERSARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
1023*	CALVILLO	CALVILLO	1090	JESUS MARIA	JESUS MARIA
1024*	SAN ISIDRO	AGUASCALIENTES	1091	LOS ALISOS	CALVILLO
1026*	TEPEZALA	TEPEZALÁ	1094	EL CHAYOTE	TEPEZALÁ
1027	VENADERO	JESUS MARIA	1095	MILPILLAS DE ARRIBA	JESUS MARIA
1028*	VILLA JUAREZ	ASIENTOS	1096*	CALVILLITO	AGUASCALIENTES
1029	ASIENTOS	ASIENTOS	1097	AGUASCALIENTES 2	AGUASCALIENTES
1030	AGUASCALIENTES	AGUASCALIENTES	1098	LA POSTA U A A	JESUS MARIA
1031*	EL NOVILLO	EL LLANO	1099	JESUS TERAN (EL MUERTO)	EL LLANO
1032*	LAS FRAGUAS	ASIENTOS	1101*	LAS PRESAS	EL LLANO
1033*	LOS CONOS	EL LLANO	1102	PABELLON DE ARTEAGA	PABELLÓN DE ARTEGA
1034*	SANDOVALES	EL LLANO	1103	ALAMITOS (CAMPAMENTO)	SAN JOSÉ DE GRACIA
1045	EL TULE	ASIENTOS	1104	ABELARDO L. RODRIGUEZ	JESUS MARIA
1046	LA LABOR	CALVILLO	1105	LOS CUARTOS	JESUS MARIA
1047	AGUA ZARCA	CALVILLO	1106	LA PRIMAVERA	JESUS MARIA
1062	ARELLANO	AGUASCALIENTES	1108	ARROYO HONDO (CYCNA)	TEPEZALÁ

*Estaciones meteorológicas seleccionadas.

Fuente: CONAGUA 2013.

FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN BIOECONÓMICA

En diversos trabajos se ha estudiado la producción de miel de abeja en función de variables como el capital, el trabajo, el uso del suelo, el clima y la vegetación, de forma separada, destacando lo pertinente de un análisis así, pero lo difícil de llevarlo a cabo debido a que se trata de un experimento social en el que gran parte de los datos tienen que recabarse en campo, y procurar su homogeneidad mediante un adecuado diseño del experimento que permita el estudio de las variaciones y cambios en la producción agropecuaria (Abdul-Malik & Mohammed, 2012; Ramanarivo, Andriamanalina, Raharijaona, Ralihaliza, & Ramanarivo, 2011; Vural & Karaman, 2010), a través de modelos que consideren la dinámica del clima en el desarrollo fenológico de distintos vegetales (Cruz & Llinas, 2010; Turvey, 1999, 2001), los cuales están implicados como fuentes de néctar.

Para corregir la variabilidad de la cantidad de miel cosechada por cada unidad de producción (colmena), debido a diferencias en el tamaño de las colmenas dentro de un mismo apiario, se consideró la producción promedio por colmena.

En términos econométricos, en la construcción del modelo las variables explicativas deben mostrar exogeneidad con respecto a la variable de respuesta, para asegurar esta condición se empleó el método de Mínimos Cuadrados en dos etapas (Two-Stage Least Squares), debido a que otros métodos alternativos a los Mínimos Cuadrados Ordinarios para reducir el sesgo en muestras pequeñas pueden incrementar la varianza (García & Möhlendick, 1994). Este procedimiento emplea variables que actúan como instrumentos en la estimación de los parámetros de las variables que pueden mostrar cierta endogeneidad con la variable dependiente. En este caso, para corregir la posible endogeneidad de los jornales por colmena, bajo el supuesto de que por la naturaleza de su relación el trabajo aplicado a la colmena y su producción guardan cierta correlación. Los instrumentos implementados fueron; porcentaje de jornales adicionales aplicados a cada colmena en el periodo próximo anterior, el precio del jornal deflactado a precios constantes de 2003, y la tasa de crecimiento del PIB de México, la cual se prefirió al valor total del PIB para

disminuir problemas en los residuos. Con base en la revisión de literatura se observó empíricamente que están relacionadas con la variable correspondiente al trabajo (porcentaje de jornales adicionales empleados), pero no estarían correlacionadas con las otras variables de la función de producción final o de la segunda etapa, expresando el trabajo aplicado por colmena en logaritmos naturales, COMO SE MUESTRA A CONTINUACIÓN:

$$\ln J = \alpha + \beta_1 \ln J_{-1} + \beta_2 \ln W + \beta_3 \ln TPIB$$

Dónde:

J = Jornales aplicados por colmena al año.

J_{-1} = Jornales aplicados por colmena el año pasado.

W = Precio del jornal (pesos mexicanos del 2003).

$TPIB$ = Tasa de crecimiento del PIB de México.

En la segunda etapa del modelo de regresión, la cantidad de trabajo aplicado por unidad productiva contribuyó junto con las variables climáticas y de uso de suelo a la estimación del rendimiento de miel por colmena. En la primera etapa se estimó la cantidad de trabajo empleado en cada colmena, mientras que en la segunda etapa se consiguió la función de producción final en función de:

- a) El trabajo aplicado por colmena durante el año (estimado en la primera etapa).
- b) Las variables climáticas temperatura mínima y lluvia.
- c) La superficie a nivel municipal de cobertura vegetal de uso agrícola, bosque, matorral y pastizal en hectáreas, infiriendo de esta forma la dotación de mezquite (*Prosopis laevigata*) que proveyó de néctar a la cosecha del periodo abril-mayo (primer semestre).

La función de producción resultante se expresa aplicando logaritmos naturales:

$$\ln Y = cte + \alpha \ln J + \beta \ln H + \gamma \ln T + \delta \ln A + \varepsilon \ln B + \phi \ln M + \varphi \ln P$$

El trabajo aplicado por colmena fue una variable diseñada para ver el impacto de la aplicación de trabajo adicional al mínimo requerido, ya que para cumplir con los requerimientos de alimentación, sanidad y cosecha de una colmena, se necesitan al menos 0.6 jornales, y la máxima cantidad de trabajo que se puede aplicar es 1.0 jornales por colmena al año, debido a que ya no quedarían otras actividades por realizar, esto da un margen de 0.4 jornales, a los que se les atribuye la variabilidad de la producción debido a la intervención del hombre para favorecer la producción de la colmena.

Esta última variable muestra que porcentaje de los 0.4 jornales que hay de margen entre el mínimo necesario y el máximo que se puede aplicar al año por el apicultor, dependiendo de las necesidades específicas de la colmena. Si se emplearan menos de 0.6 jornales por colmena al año no se estarían ejecutando todas las actividades que la colmena necesita, y no puede emplearse más de un jornal al año debido a que las labores requeridas ya están completas.

Debido a que se ha demostrado que el desarrollo fenológico de las abejas depende en gran medida de la lluvia y la temperatura (Bartomeus et al., 2011a; Gordo & Sanz, 2006; Gordo et al., 2010), las cuales expresan a otras variables que también afectan a los insectos polinizadores de manera relevante, variables como velocidad del viento, radiación solar y humedad (Omoloye & Akinsola, 2006; Vicens & Bosch, 2000), razón por la cual solo se incluyeron en el modelo la temperatura y la lluvia. Asimismo, la temperatura y precipitación son las dos variables climáticas que han demostrado la mayor capacidad explicativa como determinantes en el desarrollo fenológico del mezquite (*Prosopis laevigata*) (Carrillo-Parra et al., 2013; Galera, 2000; Giantomasi et al., 2012; Mahadeo et al., 2012; Maldonado, 1988; Mosweu et al., 2013; Parizek et al., 2000; Pasiecznik et al., 2001), la principal fuente de néctar de la primera temporada de cosecha.

La función de producción bioeconómica; ya que conjunta variables económicas y biológicas para explicar un fenómeno productivo, tiene el propósito de explicar y pronosticar la producción de miel promedio por colmena con base tanto en variables controlables por el apicultor, como el trabajo, como en otras que son incontrolables como la temperatura mínima y la lluvia, las cuales han demostrado capacidad explicativa de la fenología de las abejas, del árbol de mezquite y en consecuencia, de la producción de miel (Bartomeus et al., 2011a, 2011b; Dell et al., 2005; Funes et al., 2009; Gordo & Sanz, 2006; Gordo et al., 2010; Roy & Sparks, 2000; Sparks & Yates, 1997; Vibrans, 1995).

Entre las variables controlables pueden destacarse:

- (i) La superficie de los tipos de vegetación, considerando tanto aquellos donde prolifera el mezquite (*Prosopis laevigata*); bosque, matorral y pastizal, como en los que no prolifera, pero que afectan su distribución, como ocurre con la superficie que comprende el tipo de vegetación agrícola. Por sus características semiáridas, el Estado de Aguascalientes produce miel de altiplano (miel concentrada baja en agua), el mezquite (*Prosopis laevigata*) es la principal fuente de néctar para el primer ciclo de cosecha de abril a mayo, la producción del segundo ciclo en los meses octubre y noviembre, proviene de flora de la familia Asteraceae (Acosta-Castellanos et al., 2011), destacando la aceitilla (*Bidens spp*), considerada como maleza que brota entre cultivos, destacando en los de maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*). En el modelo se incluyeron datos de cobertura de vegetación de bosque, matorral y pastizal, superficie agrícola, con objeto considerar la variabilidad de la dotación de fuentes de néctar entre temporadas de cosecha anuales.

- (ii) Se consideró la cantidad de trabajo aplicado en la colmena, es decir, el porcentaje empleado de los 0.4 jornales comprendidos entre 1.0, la cantidad de trabajo máxima requerida por colmena al año, y 0.6, la mínima requerida, a diferencia de Abdul-Malik y Mohammed (2012), que consideran el total de días-

hombre empleados durante la temporada. Se estableció que 100% = 0.4 jornales, lo que corresponde al nivel máximo de trabajo que es posible aplicar al mínimo para alcanzar 1.0 jornales al año por colmena.

La producción de miel de abeja por colmena (Y) depende de las siguientes variables:

$$Y = \Phi(T, H, A, B, M, P, J)$$

Dónde:

T y H = Variables climáticas temperatura mínima del segundo semestre del año (T) y precipitación pluvial del primer semestre del año previo (H).

A , B , M y P = Áreas de cobertura vegetal correspondientes a uso agrícola, bosque, matorral y pastizal en hectáreas.

J = Trabajo aplicado por colmena en el año.

De forma logarítmica la función de producción tipo Cobb-Douglas para miel de abeja por colmena se expresa de la manera:

$$\ln Y = cte + \alpha \ln J + \beta \ln H + \gamma \ln T + \delta \ln A + \varepsilon \ln B + \phi \ln M + \varphi \ln P$$

Dónde α , β , γ , δ , ε , ϕ y φ , son elasticidades de la producción promedio de miel por colmena Y , con respecto a los factores de producción J , H , T , A , B , M y P .

Para disminuir el riesgo de que se presentara una regresión espuria, el modelo se hizo dinámico para considerar los efectos a largo plazo en relación con cambios en las condiciones para producir, incluyendo la variable dependiente, las variables explicativas en diferencias de 1er orden y la perturbación aleatoria u_t para hacer estacionaria la serie histórica:

$$\Delta \ln Y_t = cte + \alpha R \ln Y_t + \beta \ln J_t + \gamma R \ln H_t + \delta \ln T_t + \varepsilon \ln A_t + \phi \ln B_t + \varphi \ln M_t + \eta \ln P_t + u_t$$

El operador de retardos es R de manera que, $\ln Y_{t-1} = R \ln Y_t$.

Los parámetros de las variables explicativas se interpretan como elasticidades a corto plazo.

Además, para conseguir una varianza constante de la serie de datos se transformó en logaritmos. Con este procedimiento las series de datos se consideran estacionarias.

Un indicador de que existe una regresión espuria sería obtener valores significativos en las pruebas de “t de student”, “F” y Durbin-Watson, por lo que se recomienda no estimar el modelo de regresión en niveles:

$$Y_t = \alpha + \beta X_t + U_t$$

Sino en diferencias:

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta X_t + E_t$$

En este proceso el R^2 que se obtiene es un R^2 en diferencias (R^2_D), cuyo valor constituyó uno de los criterios de selección del mejor modelo, junto con los resultados de las pruebas “F”, “t de student” y “h” de Durbin, donde todas las hipótesis se probaron al 5% de significancia.

Para detectar la existencia de autocorrelación de 1er orden con el estadístico “d” de Durbin-Watson, el mencionado estadístico trabaja con una hipótesis auxiliar que es un esquema autorregresivo de 1er orden:

$$u_t = \hat{\rho} \cdot u_{t-1} + v_t$$

Es decir, la regresión de u_t sobre sí misma está rezagada un período. Donde v_t es un término aleatorio y $\hat{\rho}$ es el coeficiente de correlación entre u_t y u_{t-1} .

Debido a que el modelo es autoregresivo, la prueba “d” de Durbin-Watson podría generar falsas interpretaciones, por lo que el estadístico “h” de Durbin fue el más

conveniente debido a que fue diseñado para analizar la presencia de autocorrelación en estas circunstancias.

H_0 : No hay autocorrelación; $\rho=0$

H_a : Hay autocorrelación, AR(1) $\rho \neq 0$

$$h = \hat{\rho} \sqrt{\frac{n}{1 - n \cdot (S_{\beta_{k-1}}^2)}}$$

$$\hat{\rho} = (1 - \frac{1}{2}d)$$

Dónde:

h = Estadístico h de Durbin.

$S_{\beta_{k-1}}^2$ = Varianza de la variable endógena con retardo de 1er orden.

n = Tamaño de la muestra.

$\hat{\rho}$ = Estimación de la correlación serial de 1er orden.

d = Estadístico "d" de Durbin-Watson.

Con $\alpha = 5\%$; si $h > 1.645$ se rechaza H_0 y se afirma que hay autocorrelación positiva.

Cuando $h < -1.645$ se rechaza H_0 y se comenta que hay autocorrelación negativa.

Simulación de escenarios

Después de la construcción y validación del modelo de la función de producción, se hicieron simulaciones de dos de los escenarios de cambio climático previstos por el INE (Instituto de Ecología y Cambio Climático) para Aguascalientes en particular, y

correspondieron a los años 2020 y 2050, considerando el 2001 como año base (Instituto Nacional de Ecología [INE], 2013).

Para determinar los datos de temperatura y lluvia posteriores al año 2011, se realizó dividiendo la variación prevista para cada variable entre los años de los periodos 2012 a 2020 y 2021 a 2050.

Para generar los datos de superficie agrícola se consideraron las predicciones realizadas a partir del año 2010 por Ballesteros-Barrera, Jiménez-García, y Hernández-Cárdenas (2011), para los años 2020 y 2050, respecto a la reducción del 16% y 34% respectivamente de las zonas que en México son favorables para el cultivo del maíz.

La cantidad de trabajo empleado por colmena se mantuvo constante desde el año 2012 al 2050, con el objetivo de observar la forma en la que la productividad de las colmenas responde ante los cambios en las variables climáticas incontrolables por el hombre.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

MODELO BIOECONÓMICO DE PRODUCCIÓN DE MIEL

Tamaño de muestra

Para calcular el tamaño de muestra se consideró una varianza estimada de $s_N^2 = 85.54$ de acuerdo con la información obtenida con la encuesta y una precisión de ± 0.5 kg, considerando dicha diferencia entre la producción promedio por colmena verdadera y la de la muestra, esperando una confiabilidad del 95%.

El tamaño de muestra se calculó considerando $N = 11,060$ de la siguiente forma:

$$d = 0.5 \text{ kg} \quad \text{por lo que} \quad d^2 = 0.25 \text{ kg}$$

$$Z_{\frac{\alpha}{2}} = 1.96 \quad \text{por lo que} \quad Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 = 3.842$$

$$N = 11,060$$

$$s_N^2 = 85.54$$

Remplazando valores:

$$n = \frac{11,060 \cdot 3.842 \cdot 85.54}{(11,060 \cdot 0.25) + (3.842 \cdot 85.54)} = \frac{3'634,810.16}{2,765 + 328.65} = 1,174.93$$

Por lo tanto, el tamaño n de muestra requerida para ser estadísticamente significativa resultó ser de 1,174.93 colmenas cuando $N = 11,060$, pero debido a que la encuesta recabó alrededor del 44% del inventario total de Aguascalientes, se consideró una muestra de 4,900 colmenas para aumentar la precisión de la función de producción.

Función de producción

Para elaborar la función de la función de producción se verificó la exogeneidad de la variable relativa al trabajo “J”, con el procedimiento de Mínimos Cuadrados en dos etapas, haciendo uso de tres instrumentos; el porcentaje de jornales usados en el año anterior por unidad productiva (J_{t-1}), el precio del jornal deflactado a precios constantes de 2003 (PJ) y la tasa de crecimiento del PIB (TPIB) de México ya que de acuerdo con trabajos sobre los factores que determinan la productividad de las abejas (Abdul-Malik & Mohammed, 2012; Ramananarivo et al., 2011; Vural & Karaman, 2010), se dedujo que tales variables se relacionan con los jornales empleados pero no con las variables explicativas del modelo de la segunda etapa.

Así se usó una variable instrumental que sustituyera al trabajo aplicado por colmena (J), formando el modelo de la primera etapa (Cuadro 7). La segunda etapa permite estimar la producción promedio de miel por colmena dando lugar al modelo d el Cuadro 8.

Cuadro 7. Modelo de jornales por colmena

Variable dependiente: J

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-1.879566	0.160000	-11.74731	0.0000
$\ln J_{t-1}$	0.059791	0.023171	2.580402	0.0100
$\ln TPIB$	-0.027122	0.014419	-1.880900	0.0306
$\ln PJ$	1.294819	0.042704	30.32064	0.0000
R^2	0.541726			
R^2 ajustado	0.540392			
F-statistic	406.2485			
Prob(F-statistic)	0.000000			
Estadístico “h” de Durbin	1.450900			

Fuente: Elaboración propia con datos de 1998 a 2011.

Cuadro 8. Modelo de kg de miel por colmena

Variable dependiente: $\Delta \ln Y_t$
Instrumentos: $\ln J_{t-1}$, $\ln TPB$, $\ln PJ$

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-1.854739	0.312315	-5.938670	0.0000
$\ln Y_{-1}$	-0.895144	0.019849	-45.09814	0.0000
$\ln A$	-0.177638	0.027985	-6.347644	0.0000
$\ln B$	0.046732	0.004739	9.861339	0.0000
$\ln M$	0.431925	0.027318	15.81103	0.0000
$\ln P$	-0.025229	0.009550	-2.641742	0.0084
$\ln H_{-1}$	0.039023	0.018236	2.139878	0.0326
$\ln T$	-0.127871	0.049885	-2.563321	0.0105
$\ln J$	0.592470	0.024831	23.86045	0.0000
R ² en diferencias	0.701469			
R ² en diferencias ajustado	0.699142			
F-statistic	301.3543			
Prob(F-statistic)	0.000000			
Estadístico "h" de Durbin	0.745109			

Fuente: Elaboración propia con datos de 1998 a 2011.

Aplicando el álgebra correspondiente se procedió a la representación del modelo para estimar los kg de miel por colmena:

$$\Delta \ln Y = -1.8547 - 0.8951 * \ln Y_{-1} - 0.1776 * \ln A + 0.0467 * \ln B + 0.4319 * \ln M - 0.0252 * \ln P + 0.0390 * \ln H - 0.1278 * \ln T + 0.5924 * \ln J$$

$$\ln Y - \ln Y_{-1} = -1.8547 - 0.8951 * \ln Y_{-1} - 0.1776 * \ln A + 0.0467 * \ln B + 0.4319 * \ln M - 0.0252 * \ln P + 0.0390 * \ln H - 0.1278 * \ln T + 0.5924 * \ln J$$

$$\ln Y = -1.8547 + (1 - 0.8951) * \ln Y_{-1} - 0.1776 * \ln A + 0.0467 * \ln B + 0.4319 * \ln M - 0.0252 * \ln P + 0.0390 * \ln H - 0.1278 * \ln T + 0.5924 * \ln J$$

$$\ln Y = -1.8547 + 0.1049 * \ln Y_{-1} - 0.1776 * \ln A + 0.0467 * \ln B + 0.4319 * \ln M - 0.0252 * \ln P + 0.0390 * \ln H - 0.1278 * \ln T + 0.5924 * \ln J$$

$$\ln Y = \ln \left(\frac{e^{-1.8547} * Y_{-1}^{0.1049} * A^{-0.1776} * B^{0.0467} * M^{0.4319} * P^{-0.0252} * H^{0.0390}}{T^{-0.1278} * J^{0.5924}} \right)$$

La expresión anterior genera a continuación el modelo final

$$Y = e^{-1.8547} * Y_{-1}^{0.1049} * A^{-0.1776} * B^{0.0467} * M^{0.4319} * P^{-0.0252} * H^{0.0390} * T^{-0.1278} * J^{0.5924}$$

La selección del modelo se hizo en base al valor ajustado del coeficiente de determinación en diferencias (R^2_D) y las pruebas de “F”, “t-student”, así como el estadístico “d” de Durbin-Watson y la “h” de Durbin, las hipótesis se probaron al 5% de significancia.

El modelo final permite estimar la producción de miel por colmena, de la primera temporada de cosecha, en función de la producción del año anterior, las superficies de vegetación correspondientes a uso agrícola, bosque, matorral y pastizal del año corriente, la precipitación del 1er semestre del año anterior, la temperatura mínima y los jornales disponibles usados.

Las β 's que aparecen como exponentes son las elasticidades de la cantidad de kg por colmena con respecto a los valores que toma cada variable explicativa; miden el cambio porcentual en la producción por colmena, debido a una variación *ceteris paribus* del 1% en cada variable independiente.

Cuando la superficie agrícola y la extensión de pastizales aumentan 1%, la producción por colmena se reduce 0.1776% y 0.0252% respectivamente. Por otro lado cuando la superficie correspondiente a bosque y matorral aumenta en 1%, la producción de miel se incrementa en 0.0467% y 0.4319%, respectivamente. Este comportamiento de las variables que sirven para inferir la dotación de recursos apibotánicos, coincide tanto con lo observado empíricamente, como con lo que ha sido demostrado y documentado respecto a las áreas de proliferación del mezquite (*Prosopis laevigata*), y la dinámica del cambio que sufren los tipos de vegetación donde prolifera, en función de la creación de nuevas áreas de cultivo para extender

las zonas de explotación agrícola, y de pastizales para el pastoreo del ganado, al procurar mayores extensiones de tierra para la siembra y la ganadería; que por lo regular después dan paso al crecimiento de la mancha urbana, con frecuencia son deforestadas zonas de bosque y de matorral, provocando la disminución de fuentes de néctar, (Andrade-Montemayor et al., 2011; Carrillo-Parra et al., 2013; CONAZA-INE, 1994; Galera, 2000; Galindo-Almanza & Garcia-Moya, 1986; García-Sánchez et al., 2012; Maldonado, 1988; Mosweu et al., 2013; Parizek et al., 2000; Pasiiecznik et al., 2001).

En el caso de la fuente de néctar de la primera cosecha del año, la variable más significativa es la temperatura mínima promedio, cuando esta aumenta en un 1%, la producción por colmena se reduce en 0.1278%, y cuando los niveles de lluvia del año anterior se incrementan en 1%, la producción de miel por colmena aumenta en 0.39%. Este resultado concuerda con trabajos en los que se expone la existencia de una relación inversa, entre temperatura y comportamiento productivo de las abejas, así como una relación directa entre esta última variable, con la precipitación pluvial (Bartomeus et al., 2011a, 2011b; Gordo & Sanz, 2006; Gordo et al., 2010), y con la productividad de la fuente de néctar (Mahadeo et al., 2012; Parizek et al., 2000; Pasiiecznik et al., 2001; Rivas, 2006; Toro, 2002).

En lo referente a la fuente de néctar, el comportamiento de la temperatura mínima y de la precipitación, concuerda con el comportamiento fenológico del mezquite, ya que se ha observado que su productividad se ve estimulada en ambientes con abundancia de lluvias y temperaturas bajas, dentro de los rangos predominantes en los tipos de vegetación de matorral y bosque, bajo un tipo de clima semiseco, como el de Aguascalientes (Carrillo-Parra et al., 2013; Parizek et al., 2000; Pasiiecznik et al., 2001).

El trabajo aplicado por colmena durante el año, muestra una relación directa con la productividad, pues cuando esta variable aumenta en un 1% la cosecha de miel aumenta en 0.5924%, este incremento sólo es válido en el intervalo de 0.6 a 1.0 jornales por colmena al año, como se especificó en apartados anteriores.

El modelo generado, apunta a un aumento de la producción de miel del 0.1049%, tras un incremento, *ceteris paribus*, del 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 son homogéneas.

Elasticidades a largo plazo

Para llevar a cabo el cálculo de las elasticidades a largo plazo, se partió de la función de producción obtenida, para estimar la producción de miel por colmena, correspondiente a la siguiente ecuación, la cual es el modelo final linealizado.

$$\ln Y = -1.8547 + 0.1049 * \ln Y_{-1} - 0.1776 * \ln A + 0.0467 * \ln B + 0.4319 * \ln M - 0.0252 * \ln P + 0.0390 * \ln H - 0.1278 * \ln T + 0.5924 * \ln J$$

Se sustituyeron los nombres de las variables por X 's y Y 's, para simplificar el desarrollo. Cuando $t \longrightarrow \infty$:

$$\ln Y \approx \ln Y_{-1}$$

$$Y = \ln Y$$

$$X_1 = \ln A$$

$$X_2 = \ln B$$

$$X_3 = \ln M$$

$$X_4 = \ln P$$

$$X_5 = \ln H$$

$$X_6 = \ln T$$

$$X_7 = \ln J$$

$$Y = -C + \beta_1 Y - \beta_2 X_1 + \beta_3 X_2 + \beta_4 X_3 - \beta_5 X_4 + \beta_6 X_5 - \beta_7 X_6 + \beta_8 X_7$$

$$Y - \beta_1 Y = -C - \beta_2 X_1 + \beta_3 X_2 + \beta_4 X_3 - \beta_5 X_4 + \beta_6 X_5 - \beta_7 X_6 + \beta_8 X_7$$

$$(1 - \beta_1)Y = -C - \beta_2 X_1 + \beta_3 X_2 + \beta_4 X_3 - \beta_5 X_4 + \beta_6 X_5 - \beta_7 X_6 + \beta_8 X_7$$

$$Y = -\frac{C}{(1 - \beta_1)} - \frac{\beta_2}{(1 - \beta_1)} X_1 + \frac{\beta_3}{(1 - \beta_1)} X_2 + \frac{\beta_4}{(1 - \beta_1)} X_3 - \frac{\beta_5}{(1 - \beta_1)} X_4 + \frac{\beta_6}{(1 - \beta_1)} X_5 - \frac{\beta_7}{(1 - \beta_1)} X_6 + \frac{\beta_8}{(1 - \beta_1)} X_7$$

Sustituyendo los valores de las variables:

$$\ln Y = -\frac{1.8547}{(1 - 0.1049)} - \frac{0.1776}{(1 - 0.1049)} X_1 + \frac{0.0467}{(1 - 0.1049)} X_2 + \frac{0.4319}{(1 - 0.1049)} X_3 - \frac{0.0252}{(1 - 0.1049)} X_4 + \frac{0.0390}{(1 - 0.1049)} X_5 - \frac{0.1278}{(1 - 0.1049)} X_6 + \frac{0.5924}{(1 - 0.1049)} X_7$$

$$\ln Y = -2.072059 - 0.198413 * X_1 + 0.052173 * X_2 + 0.482516 * X_3 - 0.028153 * X_4 + 0.043571 * X_5 - 0.142777 * X_6 + 0.661825 * X_7$$

Finalmente se obtiene un modelo general para estimar la producción de miel por colmena, con las elasticidades a largo plazo de la forma:

$$\ln Y = \ln \left(e^{-2.072059} * X_1^{-0.198413} * X_2^{0.052173} * X_3^{0.482516} * X_4^{-0.028153} * X_5^{0.043571} * X_6^{-0.142777} * X_7^{0.661825} \right)$$

$$Y = e^{-2.072059} * X_1^{-0.198413} * X_2^{0.052173} * X_3^{0.482516} * X_4^{-0.028153} * X_5^{0.043571} * X_6^{-0.142777} * X_7^{0.661825}$$

$$Y = e^{-2.0721} * A^{-0.1984} * B^{0.0522} * M^{0.4825} * P^{-0.0282} * H^{0.0436} * T^{-0.1428} * J^{0.6618}$$

El modelo permite evaluar el nivel de existencias de miel de equilibrio o de largo plazo, esperado para la producción bajo unas condiciones dadas de temperatura mínima, precipitación, trabajo y superficies de vegetación correspondientes a uso agrícola, bosque, matorral y pastizal. Para esto se calcularon las elasticidades de largo plazo, asumiendo que $\ln Y = \ln Y_{t-1}$, obteniendo las elasticidades que se muestran en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Elasticidades a corto y largo plazo

Variable	Elasticidad a corto plazo	Elasticidad a largo plazo
<i>A</i>	-0.1776	-0.1984
<i>B</i>	0.0467	0.0522
<i>M</i>	0.4319	0.4825
<i>P</i>	-0.0252	-0.0282
<i>H</i>	0.0390	0.0436
<i>T</i>	-0.1278	-0.1428
<i>J</i>	0.5924	0.6618

Fuente: Elaboración propia con datos de 1998 a 2011.

Se observa que las elasticidades a corto plazo son similares a las de largo plazo, aunque algo menores, lo que muestra que el sistema reacciona a shocks a corto plazo que se atenúan paulatinamente a lo largo del tiempo (Cuadro 9). Esto sugiere que los cambios en las variables del modelo en el corto plazo pueden ser relevantes para prever los posibles rendimientos de las colmenas en el futuro.

APLICACIÓN DEL MODELO PARA HACER PRONÓSTICOS

Para analizar la consistencia del modelo y su capacidad predictiva, se reestimó el modelo con un panel de datos reducido de 1998 hasta el año 2008, y se hicieron predicciones para los años 2008, 2009 y 2010 (Cuadro 10).

Cuadro 1. Modelo de kg de miel por colmena

Variable dependiente: $\Delta \ln Y_t$

Instrumentos: $\ln J_{t-1}$, $\ln TPIB$, $\ln PJ$

Variable	Coefficiente	Error Std.	t-Estadístico	Prob.
C	-1.733800	0.382510	-4.532696	0.0000
$\ln Y_{t-1}$	-0.881179	0.024729	-35.63303	0.0000
$\ln A$	-0.253404	0.035886	-7.061426	0.0000
$\ln B$	0.060414	0.005964	10.12981	0.0000
$\ln M$	0.499620	0.036408	13.72297	0.0000
$\ln P$	-0.027143	0.011684	-2.323011	0.0205
$\ln H$	0.044214	0.021929	2.016252	0.0441
$\ln T$	-0.113224	0.064328	-1.760093	0.0288
$\ln J$	0.548281	0.031292	17.52145	0.0000
R^2 en diferencias	0.677296			
Adjusted R-squared	0.673764			
F-statistic	191.7793			
Prob(F-statistic)	0.0000			
Estadístico "h" de Durbin	0.4742			

Fuente: Elaboración propia con datos de 1998 a 2008.

Usando el mismo desarrollo empleado con la serie de datos completa del modelo final, se representó el modelo para pronosticar los kg de miel por colmena con la serie de datos reducida:

$$\Delta \ln Y = -1.7338 - 0.8812 * \ln Y_{-1} - 0.2534 * \ln A + 0.0604 * \ln B + 0.4996 * \ln M - 0.0271 * \ln P + 0.0442 * \ln H - 0.1132 * \ln T + 0.5483 * \ln J$$

$$\ln Y - \ln Y_{-1} = -1.7338 - 0.8812 * \ln Y_{-1} - 0.2534 * \ln A + 0.0604 * \ln B + 0.4996 * \ln M - 0.0271 * \ln P + 0.0442 * \ln H - 0.1132 * \ln T + 0.5483 * \ln J$$

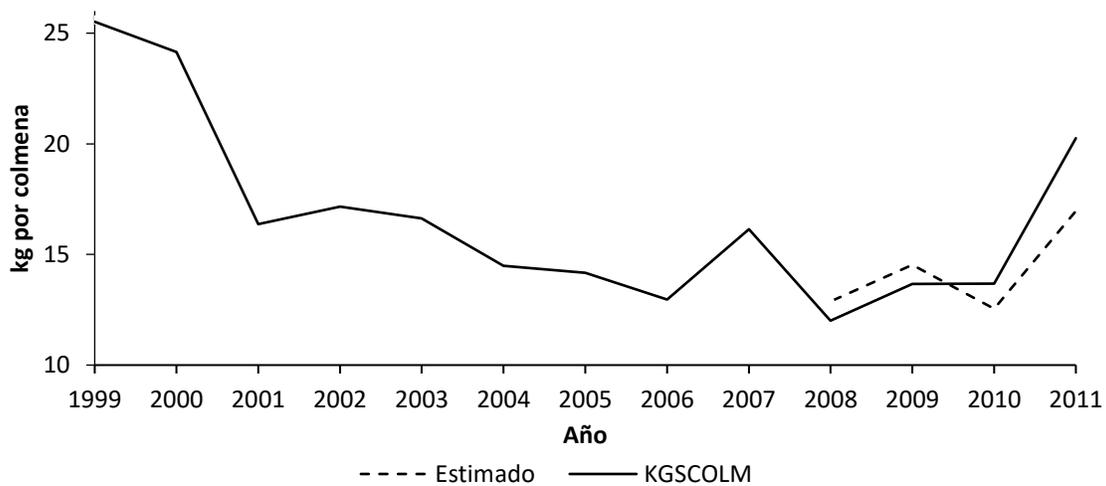
$$\ln Y = -1.7338 + (1 - 0.8812) * \ln Y_{-1} - 0.2534 * \ln A + 0.0604 * \ln B + 0.4996 * \ln M - 0.0271 * \ln P + 0.0442 * \ln H - 0.1132 * \ln T + 0.5483 * \ln J$$

$$\ln Y = -1.7338 + 0.1188 * \ln Y_{-1} - 0.2534 * \ln A + 0.0604 * \ln B + 0.4996 * \ln M - 0.0271 * \ln P + 0.0442 * \ln H - 0.1132 * \ln T + 0.5483 * \ln J$$

$$\ln Y = \ln \left(\begin{matrix} e^{-1.7338} * Y_{-1}^{0.1188} * A^{-0.2534} * B^{0.0604} * M^{0.4996} * P^{-0.0271} * H^{0.0442} * \\ T^{-0.1132} * J^{0.5483} \end{matrix} \right)$$

$$Y = e^{-1.7338} * Y_{-1}^{0.1188} * A^{-0.2534} * B^{0.0604} * M^{0.4996} * P^{-0.0271} * H^{0.0442} * T^{-0.1132} * J^{0.5483}$$

El contraste de los datos reales contra los resultados estimados por el modelo se detalla en el Cuadro 11, y el detalle para los tres últimos años se muestra en la Figura 11.



Fuente: Elaboración propia con datos promedio del Estado de Aguascalientes.

Figura 9. Capacidad predictiva del modelo

El error porcentual absoluto medio de los tres últimos años es del 3.95%, lo que indica la utilidad del modelo para realizar predicciones, al menos en un período trianual (Cuadro 11).

Cuadro 2. Validación del modelo

	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000
Real	20.25	13.69	13.66	12.01	16.14	12.96	14.16	14.49	16.63	17.16	16.37	24.15
Estimado	16.95	12.55	14.54	12.87								

Fuente: Elaboración propia con datos de 1998 a 2011.

La variable correspondiente a la temperatura mínima observada en el primer semestre del año, indica que cuando esta aumenta en un 1%, la producción por colmena se reduce en 0.1132%. Este comportamiento concuerda con varios estudios en los que se expone la existencia de una relación inversa, tanto entre la temperatura y el comportamiento productivo de las abejas (Bartomeus et al., 2011a, 2011b; Gordo & Sanz, 2006; Gordo et al., 2010), como entre dicha variable, y la productividad de la principal fuente de néctar de la primera temporada (Mahadeo et al., 2012; Parizek et al., 2000; Pasiecznik et al., 2001; Rivas, 2006; Toro, 2002).

Los autores citados en el párrafo anterior, también mencionan la relación directa entre la productividad de las abejas y la fuente néctar en cuestión, con la precipitación, lo cual es ilustrado por el modelo obtenido donde se observa una relación directa entre precipitación y productividad, los resultados homólogos obtenidos en la presente investigación, señalan los datos cuantitativos de esta relación, válidos para el área de estudio, pues cuando los niveles de lluvia aumentan en un 1%, la producción de miel por colmena aumenta en 0.0442%.

Cuando la superficie agrícola y la extensión de pastizales aumentan 1%, la producción por colmena se reduce 0.2534% y 0.0271% respectivamente. Por otro lado cuando la superficie correspondiente a bosque y matorral aumenta en 1%, la producción de miel se incrementa en 0.0604% y 0.4996%, respectivamente. Este comportamiento de las variables que sirven para inferir la dotación de recursos apibotánicos, coincide tanto con lo observado empíricamente, como con lo que ha sido demostrado y documentado respecto a las áreas de proliferación del mezquite (*Prosopis laevigata*), (Andrade-Montemayor et al., 2011; Carrillo-Parra et al., 2013;

CONAZA-INE, 1994; Galera, 2000; Galindo-Almanza & Garcia-Moya, 1986; García-Sánchez et al., 2012; Maldonado, 1988; Mosweu et al., 2013; Parizek et al., 2000; Pasiecznik et al., 2001).

Por su parte, la variable correspondiente al trabajo aplicado por colmena durante el año, muestra una relación directa con la productividad; cuando esta variable aumenta en un 1%, la cosecha de miel aumenta en 0.5483%, cabe aclarar que este aumento sólo es válido dentro de los valores de la variable que va de 0.6 jornales, hasta 1.0 jornales por colmena al año, ya que esta es la cantidad máxima de jornales que se detectaron en la información analizada, y que se pueden aplicar a la colmena en un año.

Finalmente, el modelo sugiere un cierto ajuste al incrementarse la producción de miel en 0.1188% tras un aumento, *ceteris paribus*, del 1% en la del año anterior, lo que puede estar relacionado con la adaptación a la variabilidad debida al clima, puesto que las condiciones de manejo técnico de los productores entrevistados son homogéneas.

ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

Con base en el modelo expuesto en el modelo final, se procedió a simular la producción de miel bajo dos de los escenarios previstos por el INE, para el Estado de Aguascalientes.

$$Y = e^{-1.8547} * Y_{-1}^{0.1049} * A^{-0.1776} * B^{0.0467} * M^{0.4319} * P^{-0.0252} * H^{0.0390} * T^{-0.1278} * J^{0.5924}$$

Dichos escenarios son correspondientes a los años 2020 y 2050, tomando como año base el 2001 para ambos periodos (INECC, 2013), en ambos se observan cambios importantes en la temperatura y la precipitación (Cuadro 12), que junto con el trabajo aplicado, y las superficies de vegetación correspondientes a uso agrícola, bosque, matorral y pastizal, componen la función de producción de miel obtenida.

Cuadro 3. Escenarios de cambio climático previstos para Aguascalientes

Escenario	Precipitación total anual	Temperatura media anual
2020	Disminuirá entre 0 y -5 %	Aumentará entre 0,6 y 1,4°C
2050	Variará entre +5 y -15 %	Aumentará entre 1,5 y 2,5°C

Fuente: INE 2013.

Ya que entre el 80% y 90% de la superficie agrícola en la zona de estudio corresponde al maíz blanco (Cruz-Delgado et al., 2006; Peinado-Guevara, 2010), para hacer las estimaciones correspondientes a la superficie agrícola, requerida para los años 2020 y 2050, así que se realizó una extrapolación para el Estado de Aguascalientes de las predicciones realizadas por Ballesteros-Barrera et al. (2011) para calcular la disminución de las áreas en donde se encontrarán condiciones favorables para cultivar el maíz en México, destacando que en el año 2020 serán de 402,934 km² y de 318,302 km² en el 2050 para todo el país, lo cual implica una baja del 16% y 34% respectivamente (Ballesteros-Barrera, Jiménez-García, & Hernández-Cárdenas, 2011).

Los jornales usados que se consideraron para modelar los escenarios de los años 2020 y 2050 fue el promedio del periodo del año 1999 al 2011, se mantuvo esta variable constante desde el año 2012 hasta el 2050 para observar las variables fuera del control de los apicultores, las cuales muestran el impacto del cambio climático para cada escenario sobre la productividad de las abejas, considerando que es posible que las variaciones del clima que afectan el rendimiento de miel por colmena pueden mitigarse con una cantidad mayor de trabajo.

Cuadro 4. Producción promedio según la función de producción

Periodo	Rendimiento promedio ^{/a}	Cambio en el rendimiento ^{/a}	Cambio porcentual	Pérdida económica ^{/b}
1998-2011	16.707			
2012-2020	15.377	-1.330	-7.959%	\$53.190
2021-2050	13.080	-3.627	-21.710%	\$145.078

/a. kg por colmena

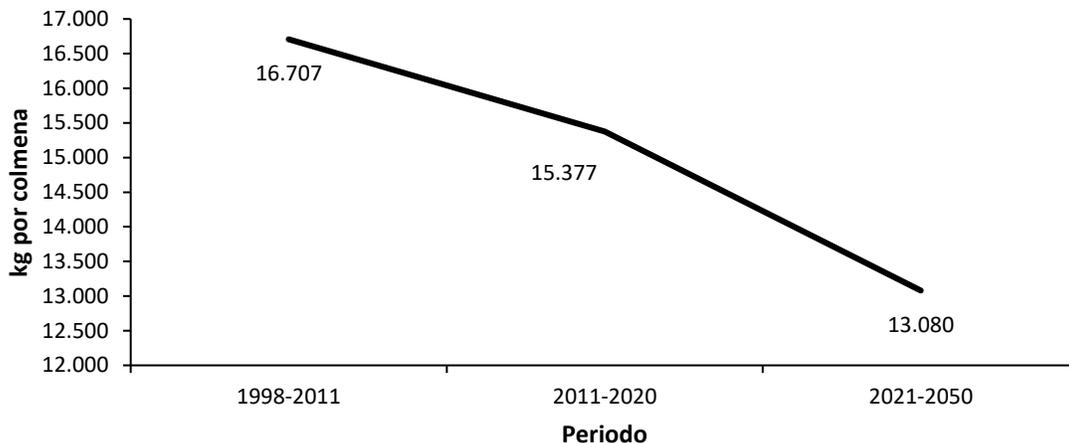
/b. Pérdida económica por colmena

1998-2020 es el periodo base.

La pérdida económica por colmena se expresa en Pesos Mexicanos de 2013.

Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta aplicada, INE.

Al aplicar la función de producción propuesta, se observó el impacto de las variables climáticas y de uso del suelo sobre la productividad de las abejas; tomando como base el rendimiento promedio por colmena del periodo 1998-2011, que corresponde a 16.707 kg; para el periodo 2011 a 2020, dicho rendimiento promedio habrá disminuido 7.959%, y para el periodo 2021 a 2050 se habrá reducido en 21.710%, lo que representará una pérdida de ingresos económicos por \$53.19 y \$145.078 pesos por colmena respectivamente para los últimos dos periodos futuros mencionados, considerando el precio de \$40.00 Pesos (MXN) por kg de miel (SAGARPA, 2013), del mes de octubre de 2013 (Cuadro 13).



Fuente: Elaboración propia con datos promedio reales y predichos por el modelo bioeconómico.

Figura 10. Producción promedio por colmena

Se observa una tendencia a la baja en el rendimiento promedio de miel por colmena en la totalidad del área de estudio, correspondiente al Estado de Aguascalientes, según los datos reales obtenidos para el periodo de 1998 a 2011, y las predicciones de producción promedio realizadas con base en los escenarios climáticos previstos por el INE (Figura 12).

Suponiendo que la población de 11,060 colmenas perdurara hasta los años 2020 y 2050, la cual constituyó el inventario de colmenas del año 2012 de la zona de estudio, con la función de producción propuesta se estiman pérdidas de alrededor de \$588,281.4 y \$1'604,562.68 pesos mexicanos (del año 2013) respectivamente, en el Estado de Aguascalientes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se observó una relación negativa, entre la producción de miel por colmena con la temperatura mínima y la superficie de vegetación correspondiente a los tipos, agrícola y pastizal, por otro lado, con las variables correspondientes a precipitación pluvial del año próximo pasado, trabajo aplicado y superficie de vegetación de bosque y matorral, tuvo lugar una relación positiva. Debido a esta respuesta de las abejas ante los cambios de las variables ambientales, estos insectos podrían ser indicadores biológicos confiables del cambio del clima, considerando la producción de miel como un indicador bioeconómico capaz de traducir los cambios en el ambiente en términos monetarios. Por lo cual, las abejas podrían llegar a ser bioindicadores del comportamiento de la producción apícola para explicar las causas de la dinámica productiva en un ecosistema determinado.

Los resultados observados en relación a la respuesta fenológica de las abejas abren la posibilidad de que la producción de miel también pueda ser un bioindicador de la actividad polinizadora de estos insectos, es decir, si las abejas producen más miel, quiere decir que también están polinizando más y viceversa, situación que amplía la aplicación de dicho indicador al análisis de la producción de cultivos dependientes de polinizadores y no solo a la producción de derivados de la colmena.

Es recomendable considerar métodos de modelación polinomial, que a diferencia del tipo Cobb-Douglas, permitan la determinación de niveles óptimos de temperatura, precipitación, superficie vegetal y trabajo para futuras investigaciones sobre la producción de miel como indicador bioeconómico, lo cual ayudaría a hacer previsiones estimadas de producción en la zona de estudio y respaldaría el establecimiento de políticas públicas específicas de apoyo al sector apícola atendiendo los nuevos retos que implica el cambio climático.

Al realizar pronósticos de producción bajo diferentes escenarios de cambio climático en los que las variables temperatura, lluvia y superficie vegetal se ven afectadas se observó que el rendimiento promedio de miel por colmena decrece, lo que podría implicar pérdidas económicas por concepto de la cosecha de miel para escenarios de cambio climático futuros. Este hecho no debe verse de forma aislada, ya que la

baja en la productividad de las abejas expresa no solo las alteraciones en la fenología propia de las abejas, sino también en la de las fuentes de néctar con las que ellas interactúan, siendo gran parte de ellas cultivos de los que depende la alimentación humana.

Razón por la cual, la productividad de las abejas también está reflejando la afectación del cambio climático al sistema agroalimentario en su conjunto, ya que si estos insectos reducen su actividad productiva también lo harán una gran variedad de plantas que proveen de alimento a la humanidad y que dependen de los servicios de polinización animal, asumiendo que los insectos polinizadores silvestres comparten gran parte de las respuestas fenológicas con las abejas domesticadas.

Se requieren acciones coordinadas entre gobierno, sociedad civil e industria para evitar la pérdida global de polinizadores, la política, la ciencia y la economía deben conjuntarse en el interés común de la conservación del servicio ecosistémico de polinización que las abejas proporcionan tanto al ecosistema como a las cadenas agroalimentarias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbott, I. A. N., & Le Maitre, D. (2010). Monitoring the impact of climate change on biodiversity: The challenge of megadiverse Mediterranean climate ecosystems. *Austral Ecology*, 35(4), 406-422. doi:10.1111/j.1442-9993.2009.02053.x
- 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. d. I. L., & Fernández-Nava, R. (2011). Análisis polínico de tres muestras de miel del estado de Zacatecas, México. *Polibotánica*, 32, 179-191.
- Allen-Wardell, G., Bernhardt, P., Bitner, R., Burquez, A., Buchmann, S., Cane, J., . . . Walker, S. (1998). The Potential Consequences of Pollinator Declines on the Conservation of Biodiversity and Stability of Food Crop Yields. *Conservation Biology*, 12(1), 8-17.
- Allmaras, R. R., Burrows, W. C., & Larson, W. E. (1964). Early Growth of Corn as Affected by Soil Temperature¹. *Soil Science Society of America Journal*, 28(2), 271-275. doi:10.2136/sssaj1964.03615995002800020041x
- Amien, I., Rejekiningrum, P., Pramudia, A., & Susanti, E. (1996). Effects of interannual climate variability and climate change on rice yield in Java, Indonesia. *Water, Air, and Soil Pollution*, 92(1-2), 29-39. doi:10.1007/bf00175550
- ANACAFE. (2004). *Apicultura - Programa de diversificación de ingresos en la empresa cafetalera* (ANACAFE Ed.). Guatemala, Guatemala: Asociación Nacional del Café.
- Andrade-Montemayor, H. M., Cordova-Torres, A. V., García-Gasca, T., & Kawas, J. R. (2011). Alternative foods for small ruminants in semiarid zones, the case of Mesquite (*Prosopis laevigata* spp.) and Nopal (*Opuntia* spp.). *Small Ruminant Research*, 98(1-3), 83–92. doi:10.1016/j.smallrumres.2011.03.023

- ARS-USDA. (2007). *Colony Collapse Disorder Action Plan* (USDA Ed.). USA: United States Department of Agriculture.
- ARS-USDA. (2012). *Colony Collapse Disorder Progress Report* (USDA Ed.). USA: United States Department of Agriculture.
- Ballesteros-Barrera, C., Jiménez-García, D., & Hernández-Cárdenas, G. (2011). El impacto potencial del cambio climático sobre los agroecosistemas. El caso del cultivo del maíz, proyecciones al futuro. *Manejo Agroecológico de sistemas* (Vol. 2, pp. 1-14). Puebla, México: Universidad Autónoma de Puebla.
- Bartomeus, I., Ascher, J. S., Wagner, D., Danforth, B. N., Colla, S., Kornbluth, S., & Winfree, R. (2011a). 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
- Bartomeus, I., Ascher, J. S., Wagner, D., Danforth, B. N., Colla, S., Kornbluth, S., & Winfree, R. (2011b). 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
- Bradbear, N. (2005). *La apicultura y los medios de vida sostenibles* (FAO Ed.). Roma, Italia: Dirección de Sistemas de Apoyo a la Agricultura Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Bravo-Ureta, B. E., & Rieger, L. (1990). Alternative production frontier methodologies and dairy farm efficiency. *Journal of Agricultural Economics*, *41*(2), 215-226. doi:10.1111/j.1477-9552.1990.tb00637.x
- Brown, D. R. (2000). *A review of bio-economic models*. USA: Cornell University.
- Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (1973). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Boston, Massachusetts: R. McNally College Publishing Company.
- Carrillo-Parra, A., Foroughbakhch-Pournavab, R., Bustamante-García, V., Sandoval-Torres, S., Garza-Ocañas, F., & Moreno-Limón, S. (2013). Differences of Wood Elements of *Prosopis laevigata* from Two Areas of

- Northeast Mexico. *American Journal of Plant Sciences*, 4(5A), 56-60.
doi:10.4236/ajps.2013.45A009
- Castro, M. (2009). *Managing Weather Risk with Rainfall Option - Derivados Climáticos*. Argentina: econlink.com.ar.
- Cervantes-Ramírez, M. C. (2002). *Plantas de importancia económica en las zonas áridas y semiáridas de México*: UNAM, Instituto de Geografía.
- Chang, J.-H. (1981). Corn yield in relation to photoperiod, night temperature, and solar radiation. *Agricultural Meteorology*, 24(0), 253-262. doi:10.1016/0002-1571(81)90049-2
- Christensen, L. B. (2007). *Experimental Methodology* (10 ed.). South Alabama, USA: Pearson/Allyn & Bacon.
- Clark, R. M., & Thompson, R. (2010). Predicting the impact of global warming on the timing of spring flowering. *International Journal of Climatology*, 30(11), 1599-1613. doi:10.1002/joc.2004
- Coase, R. H. (1937). The Nature of the Firm. *Economica*, 4(16), 386-405. doi:10.1111/j.1468-0335.1937.tb00002.x
- Cobb, C. W., & Douglas, P. H. (1928). A Theory of Production. *American Economic Review*, 18(1), 139-165.
- Cochran, W. G. (1977). *Sampling Techniques* (3rd ed.). United States of America: Wiley.
- Codex-Alimentarius. (1981). CODEX Norma para la miel. *Codex Alimentarius, International Food Standards, CODEX STAN 12-1981*, 1-9.
- Colom, A., Sabate, P., & Saez, E. (1996). Análisis económico-financiero de competitividad y eficiencia productiva del sector cooperativo cerealista de la provincia de Huesca. *Investigación agraria. Economía*, 11(1), 139-172.
- CONAZA-INE. (1994). *Mezquite Prosopis spp. cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas de México* (S. d. D. Social Ed. 1 ed.). México, D.F.: Comisión Nacional de Zonas Áridas-Instituto Nacional de Ecología
- Cruz-Delgado, M. S., Gómez-Valdez, M. M., Ortiz-Pulido, M. E., Entzana-Tadeo, A. M., Suárez-Hernández, C. Y., & Santillán-Moctezuma, V. (2006). *Situación*

- actual y perspectivas del maíz en México 1996-2012* (SIAP Ed.). México, D.F.: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.
- 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.
- Davis, F. E., & Pallesen, J. E. (1940). Effect of the amount and distribution of rainfall and evaporation during the growing season on yields of corn and spring wheat. *Journal of agricultural research*, 60, 1-23.
- Delgado, D., Galindo-Cardona, A., & Restrepo, C. (2007). *Honeybee (Apis mellifera) production in Puerto Rico under climate change*. Retrieved from
- 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.
- Echazarreta-González, C. M., Arellano-Rodríguez, J. A., & Pech-Moo, C. (2002). *Apicultura en Mesoamérica*. Mérida, Yucatán: Universidad Autónoma de Yucatán.
- FAOSTAT. (2014). EXPORTS: Countries by commodity. *The agricultural trade domain*. Retrieved from <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=342&lang=en>
- Fitter, A. H., & Fitter, R. S. R. (2002). Rapid Changes in Flowering Time in British Plants. *Science*, 296(5573), 1689-1691. doi:10.1126/science.1071617
- 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.
- Galera, F. M. (2000). *Las especies del género Prosopis (algarrobos) de América Latina con especial énfasis en aquellas de interés económico*. Córdoba, Argentina: FAO-Universidad Nacional de Córdoba.
- Galindo-Almanza, S., & Garcia-Moya, E. (1986). The uses of mesquite (*Prosopis* spp.) in the highlands of San Luis Potosi, Mexico. *Forest Ecology and Management*, 16(1-4), 49–56. doi:10.1016/0378-1127(86)90007-1

- García-Sánchez, R., Camargo-Ricalde, S. L., García-Moya, E., Luna-Cavazos, M., Romero-Manzanares, A., & Manuel-Montaño, N. (2012). *Prosopis laevigata* and *Mimosa biuncifera* (Leguminosae), jointly influence plant diversity and soil fertility of a Mexican semiarid ecosystem. *Revista de Biología Tropical*, 60(1), 87-103.
- García-Suárez, F., Carreto-Montoya, L., Cárdenas-Navarro, R., Díaz-Pérez, J. C., & López-Gómez, R. (2007). Pitaya (*Stenocereus stellatus*) fruit growth is associated to wet season in Mexican dry tropic. *Phyton*, 76, 19-26.
- García, J. M., & Möhlendick, B. (1994). ¿Es el precio un factor determinante de la demanda de importaciones hortofrutícolas de la RFA? *Investigación Agraria. Economía*, 9(1), 33-52.
- Garcia, P., Offutt, S. E., Pinar, M., & Changnon, S. A. (1987). Corn Yield Behavior: Effects of Technological Advance and Weather-Conditions. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 26(9), 1092-1102. doi:10.1175/1520-0450(1987)026<1092:cybeot>2.0.co;2
- Giantomasi, M. A., Roig-Juñent, F., Patón-Domínguez, D., & Massaccesi, G. (2012). Environmental modulation of the seasonal cambial activity in *Prosopis flexuosa* DC trees from the Monte woodlands of Argentina. *Journal of Arid Environments*, 76(2012), 17-22. doi:10.1016/j.jaridenv.2011.08.010
- González, J. I. (2009). *Pobreza y Cambio Climático. Trabajo realizado para Naciones Unidas - PNUD*. Roma: Organización de las Naciones Unidas, Programa Conjunto de Cambio Climático.
- 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. (2010). Impact of climate change on plant phenology in Mediterranean ecosystems. *Global Change Biology*, 16(3), 1082-1106. doi:10.1111/j.1365-2486.2009.02084.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.
- Grombone-Guaratini, M. T., Solferini, V. N., & Semir, J. (2004). Reproductive biology in species of *Bidens* L. (Asteraceae). *Scientia Agricola*, 61, 185-189. doi:10.1590/S0103-90162004000200010
- Grünwald, B. (2010). Is Pollination at Risk? Current Threats to and Conservation of Bees. *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society*, 19(1), 61-67.
- Guzmán-Novoa, E., Uribe-Rubio, J. L., Hunt, G. J., Correa-Benítez, A., & Zozaya-Rubio, J. A. (2003). Efecto de la africanización sobre la producción de miel, comportamiento defensivo y tamaño de las abejas melíferas (*Apis mellifera* L.) en el altiplano mexicano. *Veterinaria México*, 34(1), 47-59.
- Guzmán, E. (2005). La investigación apícola en México. *Imagen Veterinaria*, 4(2), 44-48.
- Hazell, P. B. R. (1984). Sources of increased variability in Indian and U.S. cereal production. *American Journal of Agricultural Economics*, 66(3), 302-311. doi:10.2307/1240797
- Hill, R. W., Johnson, D. R., & Ryan, K. H. (1979). A Model for Predicting Soybean Yields from Climatic Data. *Agron. J.*, 71(2), 251-256. doi:10.2134/agronj1979.00021962007100020009x
- Hughes, L. (2000). Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? *Trends in Ecology & Evolution*, 15(2), 56-61. doi:10.1016/S0169-5347(99)01764-4
- IICA. (2009). *Manual de apicultura básica para Honduras*. Tegucigalpa, Honduras: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- INECC. (2013). El Cambio Climático en México, Información por Estado y Sector. *El Cambio Climático en México*. Retrieved from http://www2.inecc.gob.mx/cclimatico/edo_sector/estados/futuro_aguascalientes.html

- INEGI. (1984). *Anuario Estadístico de Aguascalientes 1984* (G. e. I. Instituto Nacional de Estadística Ed. Vol. 1). Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI. (2002). *Anuario estadístico del Estado de Aguascalientes* (INEGI Ed. 2002 ed.). Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI. (2011). *Anuario estadístico del Estado de Aguascalientes* (INEGI Ed.). Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- Jalota, S. K., Sood, A., Vitale, J. D., & Srinivasan, R. (2007). Simulated Crop Yields Response to Irrigation Water and Economic Analysis. *Agron. J.*, 99(4), 1073-1084. doi:10.2134/agronj2006.0054
- Jean-Prost, P. (2007). *Apicultura: conocimiento de la abeja. Manejo de la colmena*. Madrid, España: Mundi-Prensa Libros.
- Karlsson, L. M., Tamado, T., & Milberg, P. (2008). Inter-species comparison of seed dormancy and germination of six annual Asteraceae weeds in an ecological context. *Seed Science Research*, 18(01), 35-45. doi:doi:10.1017/S0960258508888496
- Kaufmann, R. K., & Snell, S. E. (1997). A Biophysical Model of Corn Yield: Integrating Climatic and Social Determinants. *American Journal of Agricultural Economics*, 79(1), 178-190. doi:10.2307/1243952
- Kaul, S. (2007, Sept.13-14). *Bio-Economic Modelling of Climate Change on Crop Production in India*. Paper presented at the EcoMod International Conference on Energy and Environmental Modelling, Moscow, Russia.
- Kogan, F. N. (1990). Remote sensing of weather impacts on vegetation in non-homogeneous areas. *International Journal of Remote Sensing*, 11(8), 1405-1419. doi:10.1080/01431169008955102
- Kouka, P.-J., Jolly, C., & Henao, J. (1994). Agricultural response functions for limited resource farmers in Sub-Saharan Africa. *Fertilizer research*, 40(2), 135-141. doi:10.1007/bf00750098

- Kremen, C., Williams, N. M., & Thorp, R. W. (2002). Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(26), 16812-16816. doi:10.1073/pnas.262413599
- Kumar, K. S. K., & Parikh, J. (2001). Indian agriculture and climate sensitivity. *Global Environmental Change*, 11(2), 147-154. doi:10.1016/S0959-3780(01)00004-8
- Le-Conte, Y., & Navajas, M. (2008). Climate change: impact on honey bee populations and diseases. *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)*, 27(2), 499-510.
- Lobell, D. B., Cahill, K. N., & Field, C. B. (2007). Historical effects of temperature and precipitation on California crop yields. *Climatic Change*, 81(2), 187-203. doi:10.1007/s10584-006-9141-3
- Mahadeo, G., Santosh, K. C., & Syed, I. A. (2012). Role of insect bees in the pollination of *Prosopis cineraria* (L.) Druce (Leguminosae, Subfamily Mimosoideae) in Rajasthan. *Advances in Applied Science Research*, 3(6), 3448-3451.
- Maldonado, L. J. (1988). *Prosopis* in Mexico. *The Current State of Knowledge on Prosopis juliflora* (pp. 153–160). Recife, Brazil: Food and Agriculture Organization of The United Nations.
- Mata-Espinosa, J. H., & Talavera-Magaña, D. (2008). La flora apícola de San Luis Potosí: El Mezquite. *El Cenzontle*, 3(2), 19.
- Menzel, A., Sparks, T. H., Estrella, N., Koch, E., Aasa, A., Ahas, R., . . . Zust, A. N. A. (2006). European phenological response to climate change matches the warming pattern. *Global Change Biology*, 12(10), 1969-1976. doi:10.1111/j.1365-2486.2006.01193.x
- Miller-Rushing, A. J., Høye, T. T., Inouye, D. W., & Post, E. (2010). The effects of phenological mismatches on demography. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1555), 3177-3186. doi:10.1098/rstb.2010.0148

- Miller-Rushing, A. J., & Primack, R. B. (2008). Global warming and flowering times in Thoreau's Concord: A community perspective. *Ecology*, *89*(2), 332-341. doi:10.1890/07-0068.1
- Mjelde, J. W., Hill, H. S. J., & Griffiths, J. F. (1998). A Review of Current Evidence on Climate Forecasts and Their Economic Effects in Agriculture. *American Journal of Agricultural Economics*, *80*(5), 1089-1095.
- Moir, W. H. (2011). Thirty Years of Weather Change and Effects on a Grassland in the Peloncillo Mountains, New Mexico. *Society for Range Management*, *33*(3), 50-57. doi:10.2111/1551-501X-33.3.50
- Mosweu, S., Munyati, C., & Kabanda, T. (2013). Modification of soil properties by *Prosopis L.* in the Kalahari Desert, South-Western Botswana. *Open Journal of Ecology*, *3*(2), 145-150 doi:10.4236/oje.2013.32017
- Murua, J. R., & Albisu, L. M. (1993). Eficiencia técnica en la producción porcina de Aragón. *Investigación agraria. Economía*, *8*(2), 239-251.
- Omoloye, A. A., & Akinsola, P. A. (2006). Foraging sources and effects of selected plant characters and weather variables on the visitation intensity of honeybee, *Apis mellifera adansonii* (Hymenoptera: Apidae) in the Southwest Nigeria. *Journal of Apicultural Science*, *50*(1), 39-48.
- Ortega-Rivas, C., & Ochoa-Bautista, R. (2004). La producción de miel en México, modernidad y tradición. *Claridades Agropecuarias*, *128*, 3-13.
- Oyarzun, M. T., Figueroa, Á., & Tartanac, F. (2005). *Oportunidades de mejoramiento en la calidad e inocuidad de la cadena productiva de la miel en Chile*. Retrieved from Santiago, Chile: <http://www.fao.org/aq/ags/ags-division/publicaciones/publicacion/es/c/39625/>
- Parizek, B., DeLaReta, M., Catalán, L., Balzarini, M., & Karlin, U. (2000). Observaciones fenológicas del algarrobo negro (*Prosopis Flexuosa* D.C.) y del algarrobo blanco (*Prosopis Chilensis* (Mol.) Stuntz) en el Chaco Árido, Argentina. *Multequina*, *9*(1), 135-146.
- Parmesan, C., & Yohe, G. (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, *421*(6918), 37-42. doi:10.1038/nature01286

- Pasiecznik, N. M., Felker, P., Harris, P. J. C., Harsh, L. N., Cruz, G., Tewari, J. C., . . . Maldonado, L. J. (2001). *The Prosopis juliflora - Prosopis pallida Complex: A Monograph*. Coventry, UK: HDRA.
- Pech-Martínez, V., Santos-Flores, J., & Montes-Pérez, R. (2002). Función de producción de la ganadería de doble propósito de la zona oriente del estado de Yucatán, México. *Técnica Pecuaria en México*, 40, 187-192.
- Peinado-Guevara, V. M. (2010). *Impacto de los apoyos fiscales para la producción y comercialización del maíz blanco en el valle de Guasave, Sinaloa*. Sinaloa, México: eumed.net.
- Pennington, T., & Sarukán, J. (2005). *Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies (3a edición ed.)*. México, D.F. : UNAM - Fondo de Cultura Económica.
- Pereira, M. G., Caramelo, L., Gouveia, C., Gomes-Laranjo, J., & Magalhaes, M. (2011). Assessment of weather-related risk on chestnut productivity. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11, 2729-2739. doi:10.5194/nhess-11-2729-2011
- PRONARE. (1999). *Fichas Técnicas de Especies Forestales Estratégicas (Vol. 1-3)*. México, D.F.: SEMARNAP- PRONARE.
- Quantitative-Micro-Software. (2010). *EViews 7 User's Guide II (Vol. 2)*. Irvine, CA, USA: Autor.
- Ramananarivo, S., Andriamanalina, S. I., Raharijaona, J. L., Ralihalizara, J., & Ramananarivo, R. (2011). Litchi fruit and honey production: positive externalities. *Acta Horticulturae (ISHS)*, (921), 187-195.
- Ramírez, J. (1996). Las abejas, prodigio de la naturaleza. *Biodiversitas*, 6, 1-8.
- Reilly, J. M., Graham, J., & Hrubovcak, J. (2001). *Agriculture: The Potential Consequences of Climate Variability and Change for the United States*. New York, N.Y.: Cambridge University Press.
- Reyes-Reyes, G., Baron-Ocampo, L., Cualí-Alvarez, I., Frias-Hernandez, J. T., Olalde-Portugal, V., Fregoso, L. V., & Dendooven, L. (2002). C and N dynamics in soil from the central higlands of Mexico as affected by mesquite

- (Prosopis spp.) and huizache (*Acacia tortuosa*): a laboratory investigation. *Applied Soil Ecology*, 19(1), 27-34. doi:10.1016/S0929-1393(01)00169-X
- Reyes, C., Mina, C., Crean, J., Guzman, R. D., & Parton, K. (2009). Incorporating Regional Rice Production Models in Rice Importation Simulation Model: a Stochastic Programming Approach. *Philippine Institute for Development Studies: Discussion Paper Series*, 2009(28), 1-58.
- Rivas, J. A. (2006). Mieles de Prosopis spp., análisis melisopalinológicos relacionados a caracteres físicoquímicos. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa*, 17(1-2).
- Root, T. L., MacMynowski, D. P., Mastrandrea, M. D., & Schneider, S. H. (2005). Human-modified temperatures induce species changes: Joint attribution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(21), 7465-7469. doi:10.1073/pnas.0502286102
- Root, T. L., Price, J. T., Hall, K. R., Schneider, S. H., Rosenzweig, C., & Pounds, J. A. (2003). Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature*, 421(6918), 57-60. doi:10.1038/nature01333
- 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
- Ruben, R., Kuyvenhoven, A., & Kruseman, G. (1998). *Bio-economic models for eco-regional development: policy instruments for sustainable intensification*. Paper presented at the Workshop AAEA Annual Meeting 'Agricultural intensification, economic development and the environment', Salt Lake City, Utah, USA (1998).
- Ruiz, T., & Febles, G. (2004). La desertificación y la sequía en el mundo. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 8(2), 3-16.
- Ruiz, T. G., Zaragoza, S. R., & Cerrato, R. F. (2008). Fertility islands around *Prosopis laevigata* and *Pachycereus hollianus* in the drylands of Zapotitlán Salinas, México. *Journal of Arid Environments*, 72(7), 1202–1212. doi:10.1016/j.jaridenv.2007.12.008

- Runge, E. C. A. (1968). Effects of Rainfall and Temperature Interactions During the Growing Season on Corn Yield¹. *Agronomy Journal*, 60(5), 503-507. doi:10.2134/agronj1968.00021962006000050018x
- Runge, E. C. A., & Odell, R. T. (1958). The Relation Between Precipitation, Temperature and the Yield of Corn on the Agronomy South Farm, Urbana, Illinois¹. *Agronomy Journal*, 50(8), 448-454. doi:10.2134/agronj1958.00021962005000080008x
- SAGARPA. (2013). Mercado apícola-Precos de miel. *Notiabeja*, 2013(6), 6.
- SAGARPA. (2014). *Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON)*. [Información de la producción agrícola y pecuaria nacional por entidad federativa de los años 1980 a 2012]. Subsistema de información pecuaria.
- Scheaffer, R. L., Mendenhall, W., Ott, R. L., & Gerow, K. G. (2011). *Elementary Survey Sampling* (7th ed.). Boston, USA: Cengage Learning, Inc.
- SENASICA-SAGARPA. (2009). *Manual de buenas prácticas pecuarias en la producción de miel* (P. N. p. e. C. d. I. A. Africana Ed.): Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria.
- Seo, S.-N. N., Mendelsohn, R., & Munasinghe, M. (2005). Climate change and agriculture in Sri Lanka: a Ricardian valuation. *Environment and Development Economics*, 10(05), 581-596. doi:doi:10.1017/S1355770X05002044
- SIAP. (2003). *Metodologías para la integración y análisis de indicadores y modelos del sector agropecuario 2003*. México, D.F. : Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera.
- Simon, H. A. (1997). *Administrative behavior; a study of decision-making processes in administrative organization* (4 ed.). New York: Macmillan Co.
- Smith, J. W. (1904). Relation of precipitation to yield of corn. *United States Department of Agriculture (USDA) Yearbook*, 1903, 215-224.
- Smith, J. W. (1914). The effect of weather upon the yield of corn. *Monthly Weather Review*, 42(2), 78-92. doi:10.1175/1520-0493(1914)42<78:teowut>2.0.co;2
- Smith, J. W., & Gibbs, W. D. (1904). Relation of precipitation to yield of corn. *Monthly Weather Review*, 32(5), 222. doi:10.1175/1520-0493(1904)32%3C222:ROPTYO%3E2.0.CO;2

- 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
- Thuiller, W., Lavorel, S., Araújo, M. B., Sykes, M. T., & Prentice, I. C. (2005). Climate change threats to plant diversity in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(23), 8245-8250. doi:10.1073/pnas.0409902102
- TodoMiel. (2010). *Curso de apicultura (iniciación) para emprendedores y productores*. Buenos Aires, Argentina: TodoMiel.com.ar.
- Toro, H. (2002). Pollination of *Prosopis tamarugo* in the Atacama Desert With Remarks on the Roles of Associated Plants *Pollinating Bees - The Conservation Link Between Agriculture and Nature* (pp. 267-273). Brasilia, Brasil: Ministry of Environment.
- Turvey, C. G. (1999). Weather Insurance, Crop Production And Specific Event Risk. 23(2), 333-351.
- Turvey, C. G. (2001). Weather Derivatives for Specific Event Risks in Agriculture. *Review of Agricultural Economics*, 23(2), 333-351.
- 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.
- Vicens, N., & Bosch, J. (2000). Weather-Dependent Pollinator Activity in an Apple Orchard, with Special Reference to *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Megachilidae and Apidae). *Environmental Entomology*, 29(3), 413-420. doi:10.1603/0046-225x-29.3.413
- Visser, M. E., & Both, C. (2005). Shifts in phenology due to global climate change: the need for a yardstick. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 272(1581), 2561-2569. doi:10.1098/rspb.2005.3356
- Von-Hayek, F. A. (1934). On the Relationship Between Investment and Output. *The Economic Journal*, 44(174), 207-231.
- Voss, R. E., Hanway, J. J., & Fuller, W. A. (1970). Influence of Soil, Management, and Climatic Factors on the Yield Response by Corn (*Zea mays* L.) to N, P,

- and K Fertilizer1. *Agron. J.*, 62(6), 736-740.
doi:10.2134/agronj1970.00021962006200060015x
- 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.
- Williams, I. H. (1996). *Aspects of bee diversity and crop pollination in the European Union*. London, UK.
- Williams, I. H. (2002). Insect pollination and crop production: a european perspective. *Pollinating Bees - The Conservation Link Between Agriculture and Nature* (pp. 59-65). Brasilia, Brasil: Ministry of Environment / Brasília.
- Winfrey, R. (2010). The conservation and restoration of wild bees. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1195(1), 169-197. doi:10.1111/j.1749-6632.2010.05449.x

ANEXOS

ANEXO 1

Calendario de floración apícola del altiplano

PLANTAS		CALENDARIO DE FLORACIÓN APÍCOLA DEL ALTIPLANO																									
NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMUN	Néctar	Polen	Ene.		Feb.		Mar.		Abr.		May.		Jun.		Jul.		Ago.		Sep.		Oct.		Nov.		Dic.	
				15	30	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30
Acacia farneciana	Huizache																										
Prosopis juliflora	Mezquite																										
Opuntis sp.	Nopal																										
Schinus mollis	Pirul																										
Jatropha dioica	Sangrogado																										
Sarvitalis	Ojo de Gallo																										
Cosmos binnatus	Cosmos																										
Bidens spp.	Aceitilla																										
Thitonia mexicana	Shoto																										
Compositae	Cabezons																										
Bidens bipinatos	Acahual																										
Zea mais	Maiz																										
Avena sativa	Avena																										
Sorgum vulgare	Sorgo																										
Eysenhardtia polista	Palo Dulce																										
Dalea tuberculata	Escoba																										
Karwinska Humbol	Sarabullo																										
Pachylereus margin.	Organo																										
Simsia lagascaeformis	Lampote																										

Fuente: Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana. SAGARPA.

ANEXO 2

Cuestionario aplicado en la encuesta

DATOS PERSONALES DEL APICULTOR:	Nombre: _____
	Calle y número: _____
	Colonia o Fracc.: _____ C.P.: _____
	Municipio: _____ Teléfono: _____
	Celular: _____ Correo electrónico: _____
	Fecha de encuesta: _____

MARQUE CON UNA "X" LA RESPUESTA A LAS SIGUIENTES PREGUNTAS:

¿Está afiliado a alguna asociación de apicultores?

SI	<input type="checkbox"/>
NO	<input type="checkbox"/>

En caso de responder "SI", ¿A cuál asociación de apicultores está usted afiliado?

Apicultores Asociados del Centro, S.P.R. de R.L.	<input type="checkbox"/>
Asociación Ganadera Local de Apicultores de El Llano S.P.R. de R.L.	<input type="checkbox"/>
Apícola Hidrocálida, A.C.	<input type="checkbox"/>
Asociación Ganadera Local de Apicultores de Aguascalientes, A.C.	<input type="checkbox"/>
Pertenece a otra asociación o empresa que no está mencionada aquí	<input type="checkbox"/>
¿Cuál?	

¿Qué tipo de colmena utiliza?

Jumbo	Langstroth	Otra ¿Cuál?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

¿Cada cuántos años realiza el cambio de reina?

Cada 1 año	Cada 2 años	Cada 3 años	Cada 4 años
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

¿Cuántos jornales aplica al año por colmena?

<input type="text"/>

¿Cuánto dinero recibió por colmena por concepto de apoyo de programas de gobierno (por ejemplo PROGAN de SAGARPA) en los siguientes años?

2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005
<input type="text"/>						
2004	2003	2002	2001	1999	1998	
<input type="text"/>						

¿Cuántas colmenas ha utilizado usted para la cosecha de miel de **MEZQUITE** en los siguientes años?

2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005
<input type="text"/>						
2004	2003	2002	2001	1999	1998	
<input type="text"/>						

¿Cuántos tambos de 300 kg de miel ha producido usted en la cosecha de miel de **MEZQUITE** en los siguientes años?

2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005
2004		2003	2002	2001	1999	1998

¿En qué comunidades, pueblos o rancherías ubica usted sus colmenas para cosechar miel de **MEZQUITE**? Indique por favor también el municipio y el estado.

Comunidad, pueblo, etc. en que instala sus colmenas para cosechar miel de ACEITILLA	Municipio en el que está esa comunidad	Estado en el que está esa comunidad	Cuántas colmenas pone en esa comunidad

Objetivo de la encuesta: El objetivo de esta encuesta es recabar la información necesaria para analizar el impacto económico del cambio climático sobre la producción apícola, en beneficio de los apicultores de Aguascalientes.

Nota: Toda la información personal que se solicita permanecerá estrictamente confidencial, sin embargo, todos los datos estadísticos y resultados que se generen del presente estudio quedarán a disposición de los apicultores al finalizar el proyecto.

ANEXO 3

Escenarios de producción previstos para 2020 y 2050

	Y	Y-1	A	B	M	P	H	T	J
1999	25.516	16.707	30811.894	2075.698	27317.743	8032.569	0.287	6.302	55.395
2000	24.152	25.516	33180.272	1970.747	26246.807	7461.854	0.414	7.215	65.446
2001	16.367	24.152	35127.019	1926.913	21258.695	7256.966	0.422	7.103	42.205
2002	17.164	16.367	36652.135	1944.195	21098.187	7417.904	1.001	7.817	47.529
2003	16.630	17.164	37251.148	1432.694	21752.987	7588.161	0.787	8.050	45.552
2004	14.490	16.630	37624.733	2148.302	18219.710	7575.275	0.912	7.631	41.504
2005	A 14.165	14.490	39057.419	2923.021	12401.004	11999.484	0.636	6.863	39.131
2006	12.957	14.165	38636.031	2909.064	11778.367	12245.102	1.723	6.813	37.782
2007	16.142	12.957	38197.085	2574.119	12069.542	12813.095	0.456	7.185	44.783
2008	12.006	16.142	38741.640	2135.206	11840.425	9837.815	0.463	7.523	34.934
2009	13.660	12.006	38982.653	2009.727	11798.595	9569.795	1.490	6.524	40.902
2010	13.685	13.660	38017.752	1216.852	10066.863	7190.487	0.539	6.990	38.762
2011	20.254	13.685	38900.465	1635.344	13513.913	8620.253	0.545	6.592	50.827
2012	16.953	20.254	38573.512	1612.449	13324.718	8896.101	0.544	6.666	43.369
2013	15.959	16.953	38246.559	1589.875	13138.172	9180.777	0.542	6.740	43.369
2014	15.547	15.959	37919.607	1567.617	12954.237	9474.561	0.541	6.813	43.369
2015	15.333	15.547	37592.654	1545.670	12772.878	9777.747	0.540	6.887	43.369
2016	B 15.177	15.333	37265.701	1524.031	12594.058	10090.635	0.539	6.961	43.369
2017	15.043	15.177	36938.749	1502.694	12417.741	10413.536	0.538	7.034	43.369
2018	14.916	15.043	36611.796	1481.657	12243.893	10746.769	0.537	7.108	43.369
2019	14.793	14.916	36284.843	1460.913	12072.478	11090.665	0.536	7.182	43.369
2020	14.672	14.793	35957.891	1440.461	11903.463	11445.567	0.535	7.255	43.369
2021	14.552	14.672	35630.938	1420.294	11736.815	11811.825	0.533	7.306	43.369
2022	14.439	14.552	35303.985	1400.410	11572.500	12189.803	0.532	7.357	43.369
2023	14.328	14.439	34977.033	1380.804	11410.485	12579.877	0.531	7.408	43.369
2024	14.218	14.328	34650.080	1361.473	11250.738	12982.433	0.530	7.459	43.369
2025	14.110	14.218	34323.127	1342.412	11093.227	13397.871	0.528	7.510	43.369
2026	14.002	14.110	33996.175	1323.619	10937.922	13826.603	0.527	7.561	43.369
2027	13.896	14.002	33669.222	1305.088	10784.791	14269.054	0.526	7.613	43.369
2028	C 13.791	13.896	33342.269	1286.817	10633.804	14725.664	0.524	7.664	43.369
2029	13.688	13.791	33015.317	1268.801	10484.931	15196.885	0.523	7.715	43.369
2030	13.585	13.688	32688.364	1251.038	10338.142	15683.185	0.522	7.766	43.369
2031	13.483	13.585	32361.411	1233.524	10193.408	16185.047	0.520	7.817	43.369
2032	13.383	13.483	32034.459	1216.254	10050.700	16702.969	0.519	7.868	43.369
2033	13.283	13.383	31707.506	1199.227	9909.990	17237.464	0.518	7.919	43.369
2034	13.185	13.283	31380.553	1182.437	9771.251	17789.062	0.517	7.970	43.369
2035	13.088	13.185	31053.601	1165.883	9634.453	18358.312	0.515	8.021	43.369

ANEXOS

	Y	Y-1	A	B	M	P	H	T	J
2036	12.992	13.088	30726.648	1149.561	9499.571	18945.778	0.514	8.072	43.369
2037	12.897	12.992	30399.695	1133.467	9366.577	19552.043	0.513	8.123	43.369
2038	12.803	12.897	30072.743	1117.599	9235.445	20177.709	0.511	8.174	43.369
2039	12.710	12.803	29745.790	1101.952	9106.148	20823.395	0.510	8.225	43.369
2040	12.618	12.710	29418.837	1086.525	8978.662	21489.744	0.509	8.276	43.369
2041	12.527	12.618	29091.885	1071.314	8852.961	22177.416	0.508	8.327	43.369
2042	12.437	12.527	28764.932	1056.315	8729.020	22887.093	0.506	8.378	43.369
2043	12.348	12.437	28437.979	1041.527	8606.813	23619.480	0.505	8.429	43.369
2044	12.260	12.348	28111.027	1026.945	8486.318	24375.304	0.504	8.480	43.369
2045	12.173	12.260	27784.074	1012.568	8367.510	25155.313	0.502	8.531	43.369
2046	12.087	12.173	27457.121	998.392	8250.364	25960.283	0.501	8.582	43.369
2047	12.002	12.087	27130.169	984.415	8134.859	26791.012	0.500	8.633	43.369
2048	11.919	12.002	26803.216	970.633	8020.971	27648.325	0.499	8.684	43.369
2049	11.836	11.919	26476.263	957.044	7908.678	28533.071	0.497	8.735	43.369
2050	11.754	11.836	26149.311	943.645	7797.956	29446.129	0.496	8.786	43.369

A. Datos reales (promedio del Estado de Aguascalientes).

B. Datos estimados por la función de producción (periodo 2012-2020).

C. Datos estimados por la función de producción (periodo 2021-2050).

Fuente: Elaboración propia con datos de 1998 a 2011.