



TESIS DOCTORAL



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TESIS DOCTORAL

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN ECONOMÍA
AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO AMBIENTE**



© Sergio Medina

SERGIO ERNESTO MEDINA CUÉLLAR

**LA PRODUCCIÓN DE MIEL EN FUNCIÓN DEL CLIMA
Y LA AGRICULTURA DE TEMPORAL EN
AGUASCALIENTES, MÉXICO**

Autor:

Sergio Ernesto Medina Cuéllar

Directores:

Dr. José María García Álvarez-Coque

Dr. Marcos Portillo Vázquez

2014

Valencia, Febrero del 2014

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA Y CIENCIAS SOCIALES
PROGRAMA DE DOCTORADO EN ECONOMÍA AGROALIMENTARIA Y DEL
MEDIO AMBIENTE



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

**LA PRODUCCIÓN DE MIEL EN FUNCIÓN DEL CLIMA Y LA
AGRICULTURA DE TEMPORAL EN AGUASCALIENTES,
MÉXICO**

TESIS DOCTORAL

Presentada por:

Sergio Ernesto Medina Cuéllar

Dirigida por:

Dr. José María García Álvarez-Coque

Dr. Marcos Portillo Vázquez

Valencia, Febrero 2014

A mi Amigo
José María García Álvarez Coque

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. José María García Álvarez Coque, por su amistad, confianza, apoyo incondicional, y por ser un ejemplo a seguir como ser humano y como profesor investigador, gracias por no dejarme desfallecer en los momentos de mayor desesperación en esta etapa de mi vida profesional.

Al 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 darme ánimos en los momentos más difíciles y por hacerme sentir una persona útil y valiosa.

A mi gran amiga y colega Adriana Espinosa Villeda por su invaluable ayuda, sin la cual, este proyecto no hubiera sido posible, por su apoyo incondicional le estaré siempre agradecido.

A la Universitat Politècnica de València, y a su Departamento de Economía y Ciencias Sociales, por la oportunidad para realizar una etapa más de mi formación profesional.

A mis grandes amigos; Teresa López García Usach, Hassan Ouabouch, Sahika Atilgan, Lorena Tudela y Emma Santarremigia, gracias por compartir conmigo su amistad, su gran experiencia y su demostrada habilidad.

Al profesor Òscar Mascarell i Claver, por su orientación, asesoría y valiosos consejos en el desarrollo de este proyecto de investigación.

Al profesor investigador de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, el M.C. Víctor Hugo Franco Olivares, por su apoyo en la gestión de información histórica con las asociaciones de apicultores locales.

Hago extensivo mi agradecimiento también 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, Lic. Laura Lorena Alba Nevárez, titular de la Secretaría de Educación Pública en Aguascalientes, M.C. Carlos Eduardo López Landeros, profesor del Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga, Lic. 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, a la Universidad Autónoma Chapingo, a la Universidad Autónoma de Aguascalientes, al Instituto Tecnológico El Llano No. 20 de Aguascalientes y al Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga.

Una parte de los resultados de la presente investigación fueron obtenidos en el marco del proyecto financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad "Formas de organización de la innovación en el sistema agroalimentario. Efectos sobre los resultados empresariales. Variables territoriales y sector agrario. (AGRINNOVA 2, AGL2012-39793-C03-02)".

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.

Estoy hecho de...

Estoy hecho de convicción, no de barreras.

Estoy hecho de perseverancia, no de arrogancia.

Estoy hecho de trabajo en equipo, no de individualidades.

Estoy hecho del próximo logro, no del último.

Estoy hecho de senderos inexplorados, no de caminos conocidos.

Estoy hecho de cada prueba que he superado, no solo en el aula.

Estoy hecho de los días que no se ven, no solo cuando me miran.

Estoy hecho de una vida de preparación, no solo de victorias.

Estoy hecho de mirar al futuro, no al pasado.

Estoy hecho de todo lo que está por venir, no sólo de lo que ha sido...

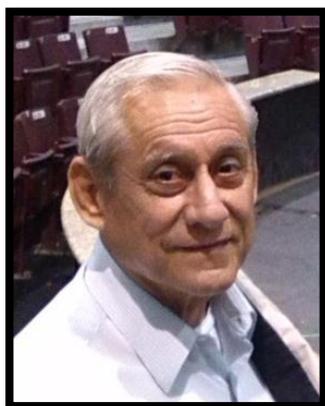
Gracias a todos los que han creído en mí, y en todo de lo que estoy hecho...

Sergio Ernesto Medina Cuéllar

DIRECCIÓN DE TESIS

José María García Álvarez Coque

Ingeniero Agrónomo y Doctor en Economía Agraria. Catedrático de Economía Aplicada y Profesor de Economía y Política Agrarias en la Universidad Politécnica de Valencia (UPV). En los últimos 20 años, ha dirigido proyectos de investigación y cursos de postgrado para organismos internacionales relacionados con el comercio, el desarrollo y las políticas relacionadas con la agricultura. Ha colaborado como asesor de Instituciones Europeas (Comisión y Parlamento), FAO, Comunidad Andina y otras instituciones europeas y americanas. Ha Presidido la Asociación Española de Economía Agraria y es actualmente director del Master Universitario de Economía Agroalimentaria y del Medio Ambiente de la Universitat Politècnica de València, España.



Marcos Portillo Vázquez

Ingeniero Agrónomo Especialista en Economía Agrícola, Doctor en Ciencias Económicas por el Instituto Politécnico Nacional, México y PhD. in Economics por la University of Colorado at Boulder, USA. Doctor Honoris Causa por la Organización de las Américas para la Excelencia Educativa (ODAE). Catedrático de Economía Agrícola y Profesor de Teoría Microeconómica y Economía Aplicada en la Universidad Autónoma Chapingo, México. Ha participado como asesor del H. Congreso y del Senado de la República Mexicana, así como de la FAO y la OCDE. Actualmente es director de posgrado de la División de Ciencias Económico Administrativas de la Universidad Autónoma Chapingo, México.

TESISTA

Sergio Ernesto Medina Cuéllar

Licenciado en Mercadotecnia de Comercio Exterior por la Universidad Tecnológica Americana, México; Técnico Superior Universitario en Comercialización por la Universidad Tecnológica de Aguascalientes, México, y Maestro en Ciencias en Economía Agrícola por la Universidad Autónoma Chapingo, México. 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 UTILIZADAS

A.C.: Asociación Civil

ADN: Ácido desoxirribonucleico

ANACAFE: Asociación Nacional del Café

ANEMAAC: Asociación Nacional de Exportadores de Miel de Abeja

ANMVEA: Asociación Nacional de Médicos Veterinarios Especialistas en Abejas, A.C.

ARS: Agricultural Research Service

ASERCA: Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria

BANXICO: Banco de México

CCD: Colony Collapse Disorder

cm: Centímetro

CONAGUA: Comisión Nacional del Agua

CONAZA: Comisión Nacional de Zonas Áridas

C.V.: Capital Variable

CVPDB: Estándar internacional del carbono

GIS: Geographic information system

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

MCO: Mínimos Cuadrados Ordinarios

mEq: Miliequivalentes

Mg: Miligramos

mm: Milímetros

NMX: Norma Mexicana

NOM: Norma Oficial Mexicana

msnm: Metros sobre el nivel del mar

ONA: Organización Nacional de Apicultores

PIB: Producto Interno Bruto

pH: Potencial de hidrógeno

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.S.S.: Sociedad de Solidaridad Social

S.P.R.: Sociedad de Producción Rural

T: Trabajo

Ton: Tonelada

UNAPI: Unión Nacional de Apicultores

USDA: United States Department of Agriculture

RESUMEN

Se analizó el efecto de la temperatura, precipitación, superficie cosechada de temporal (secano) y cantidad de trabajo, sobre la producción de miel de abeja por colmena en el Estado de Aguascalientes, en la temporada de cosecha octubre-noviembre, modelando una función de producción dinámica tipo Cobb-Douglas, con Mínimos Cuadrados en Dos Etapas.

Se utilizaron datos de 1998 a 2010; información agroclimática de CONAGUA, datos de producción agrícola de temporal de SAGARPA e INEGI, y datos de producción de miel por colmena, obtenidos con una encuesta aplicada a miembros del “Comité Sistema Producto Apícola del Estado de Aguascalientes, A. C.”. El criterio de selección de las variables, se fundamentó en los trabajos de otros autores, respecto a las características fenológicas de las abejas y de la principal fuente de néctar, así como de la teoría económica en torno al diseño de una función de producción.

Se obtuvo un modelo basado, en las condiciones particulares de las variables explicativas en cada apiario cada año, considerando 1.014 repeticiones, correspondientes a 4.901 colmenas para el periodo de 1998 al año 2010, con un R^2 en diferencias de 0,71; para analizar la consistencia del modelo y su capacidad predictiva, considerando el mismo número de colmenas, se reestimó el modelo con un panel de datos reducido partiendo de 1998 al año 2007, obteniendo un R^2 en diferencias de 0,64; después se realizaron predicciones para los años 2008, 2009 y 2010, las cuales mostraron un error porcentual absoluto medio del 5,96 %, respecto a los datos reales.

En ambos modelos, las elasticidades a corto plazo resultaron similares a las de largo plazo, destacando que las de largo plazo fueron ligeramente

menores, esto mostró que el sistema reacciona a cambios en el corto plazo, los cuales se atenúan gradualmente a lo largo del tiempo. 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.

Con el panel de datos completo, se simuló la producción de miel bajo los escenarios climáticos previstos por el INE para los años 2020 y 2050, estimando que el rendimiento promedio disminuirá 1,784 % para el primero, y 4,244 %, para el segundo, respecto a lo observado en el año 2010; se pronosticaron pérdidas económicas en el Estado de Aguascalientes, por \$144.876,6 y \$344.727,9 (MXN 2013) respectivamente.

Palabras clave: apicultura, econometría, agroclimatología, modelo bioeconómico, Estado de Aguascalientes.

ABSTRACT

The effect of temperature, precipitation, rainfed harvested area, and the amount of work, on the production of honey per beehive in Aguascalientes State, during the October-November harvest season, was analyzed, modeling a dynamic Cobb-Douglas production function, by Two-Stage Least Squares method.

This study was performed with data from 1998 to 2010; agroclimatic information registered by CONAGUA, data about rainfed agricultural production, provided by SAGARPA and INEGI, and production of honey per hive data, obtained with a survey applied to members of "Comité Sistema Producto Apícola del Estado de Aguascalientes, A. C.". The variable selection criteria, was based on the work of other authors regarding the phenological characteristics of bees, and the main nectar source, as well as economic theory around the design of a production function.

A model based on particular conditions of the explanatory variables, in each apiary each year, was obtained considering 1.014 repetitions, corresponding to 4.901 hives for the period 1998 to 2010, with an R^2 in differences of 0,71; to analyze the consistency of the model, and its predictive capacity, considering the same number of hives, the model was re-estimated using a reduced data panel, starting from 1998 to 2007, getting an R^2 in differences of 0,64; then predictions for the years 2008, 2009 and 2010, were made, which showed an average absolute percentage error of 5,96 % compared to the actual data.

In both models, the short-run elasticities were similar to the long term ones, emphasizing that the long term, were slightly lower, it showed that the system reacts to changes in the short term, which are attenuated gradually

over time. This behavior suggests that, the changes in the variables in the short term, may be relevant to forecast the yield of honey per hive.

With the full data panel, honey production under climate scenarios, provided by the INE for the years 2020 and 2050, was simulated, estimating that the average yield will decrease 1,784 % for the first, and 4,244 % for the second, regarding the observed in 2010; economic losses in Aguascalientes State for \$144.876,6, and \$344.727,9 (MXN 2013) respectively, were forecasted.

Keywords: beekeeping, econometrics, agroclimatology, bioeconomic model, Aguascalientes State.

RESUM

Es va analitzar l'efecte de la temperatura, precipitació, superfície collida de secà i quantitat de treball, sobre la producció de mel d'abella per rusc a l'Estat d'Aguascalientes, en la temporada de collita octubre-novembre, modelant una funció de producció dinàmica tipus Cobb- Douglas, amb Mínims Quadrats en Dues Etapes.

Es van utilitzar dades de 1998 a 2010; informació agroclimàtica de CONAGUA, dades de producció agrícola de temporal de SAGARPA i INEGI, i dades de producció de mel per rusc, obtinguts amb una enquesta realitzada a membres del "Comitè Sistema Producte apícola de l'Estat d'Aguascalientes, A . C. ". El criteri de selecció de les variables, es va fonamentar en els treballs d'altres autors, respecte a les característiques fenològiques de les abelles i de la principal font de nèctar, així com de la teoria econòmica al voltant del disseny d'una funció de producció.

Es va obtenir un model basat, en les condicions particulars de les variables explicatives en cada apiari cada any, considerant 1.014 repeticions, corresponents a 4.901 ruscs per al període de 1998 a 2010, amb un R^2 en diferències de 0,71, per a analitzar la consistència del model i la seva capacitat predictiva, considerant el mateix nombre d'arnes, es reestimó el model amb un panell de dades reduït des de 1998 a 2007, obtenint un R^2 en diferències de 0,64, després es van realitzar prediccions per als anys 2008, 2009 i 2010, les quals van mostrar un error percentual absolut mitjà del 5,96 %, respecte a les dades reals.

En ambdós models, les elasticitats a curt termini van resultar similars a les de llarg termini, destacant que les de llarg termini van ser lleugerament menors, la qual cosa va mostrar que el sistema reacciona a canvis en el curt termini, que s'atenuen gradualment al llarg del temps. Aquest

comportament, apunta que els canvis en les variables en el curt termini, poden ser rellevants per pronosticar el rendiment de mel per rusc.

Amb el panell de dades complet, es va simular la producció de mel als escenaris climàtics previstos per l'INE per als anys 2020 i 2050, calculant que el rendiment mitjà disminuirà 1,784 % per al primer, i 4,244 %, per al segon, respecte a l'observat l'any 2010, pronosticant pèrdues econòmiques a l'Estat d'Aguascalientes de 144.876,6 \$ i 344.727,9 \$ (MXN 2013) respectivament.

Paraules clau: apicultura, econometria, agroclimatologia, model bioeconómico, Estat d'Aguascalientes.

RÉSUMÉ

Nous avons analysé l'effet de la température, les précipitations, la superficie récoltée non irriguée et la quantité de travail, sur la production de miel par ruche dans la province de Aguascalientes dans la saison de récolte, octobre à novembre, en modélisant la fonction de production type Cobb-Douglas dynamique, de moindres carrés en deux étapes.

Les données de 1998-2010 ont été utilisées, l'information agro climatiques de CONAGUA, les données de production agricole temporaires de SAGARPA et INEGI aussi les données temporaires sur la production de miel par ruche obtenus à travers une enquête appliquée aux membres de " Comité Sistema Producto Apícola del Estado de Aguascalientes, A. C.". Le critère de sélection des variables a été basé sur le travail d'autres auteurs concernant les caractéristiques phénologiques des abeilles et la principale source de nectar, ainsi que la théorie économique sur la conception d'une fonction de production.

Nous avons obtenu un modèle basé sur les conditions particulières des variables explicatives pour chaque rucher chaque année, en supposant 1,014 répétitions, correspondant à 4,901 ruches pour la période 1998-2010, avec un R^2 de différences de 0,71, afin d'analyser la cohérence du modèle et sa capacité prédictive, tout en considérant le même nombre de ruches, le modèle est ré-estimé avec un panel réduit de données à partir de 1998 à 2007, on obtient un R^2 de différences de 0,64, puis des prédictions ont été faites pour 2008, 2009 et 2010, lesquelles ont montré un erreur absolu moyen de 5,96 % par rapport aux données réelles.

Dans les deux modèles, les élasticités à court terme étaient semblables à celles de long terme, en soulignant que celles de long terme étaient légèrement plus faibles, ce qui a montré que le système réagit aux

changements à court terme, lesquelles qui se réduisent peu à peu avec le temps. Ce comportement suggère que les changements dans les variables à court terme, peuvent être pertinents pour pronostiquer le rendement de miel par ruche.

Avec le panel complet des données, la production de miel était simulé sous les scénarios climatiques fournies par l'INE pour les années 2020 et 2050, estimant que le rendement moyen sera réduit avec 1,784 % pour le premier et 4,244 %, pour le deuxième, pour ce qui est observée en 2010, des pertes économiques sont prévues dans la province de Aguascalientes, pour 144,876.6 \$ et 344,727.9 \$ (MXN 2013), respectivement.

Mots-clés: l'apiculture, l'économétrie, agro climatologie, le modèle bioéconomique, province d'Aguascalientes.

CONTENIDO



“Si las abejas desaparecen, la humanidad tendría solo cuatro años más de vida”.

Albert Einstein

ÍNDICE GENERAL

ABREVIATURAS UTILIZADAS	I
RESUMEN.....	V
ABSTRACT	VII
RESUM.....	IX
RÉSUMÉ	XI
CONTENIDO	XIII
ÍNDICE GENERAL	XIII
ÍNDICE DE CUADROS.....	XVII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIX
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Justificación e importancia.....	5
1.3. Planteamiento del problema	7
1.4. Objetivo	10
1.5. Hipótesis.....	11
1.6. Metodología.....	11
1.7. Estructura de la tesis	14
CAPÍTULO 2. FUNDAMENTO DEL MARCO METODOLÓGICO... 17	
2.1. Diseños de investigación en las ciencias sociales.....	19
<i>Determinación del tipo de investigación</i>	<i>20</i>
2.2. Selección del diseño de investigación	21
<i>Diseño de investigación para estudiar las actividades humanas</i>	
.....	22
<i>Diseños de investigación experimental</i>	<i>22</i>
<i>Diseños de investigación no experimental</i>	<i>24</i>
2.3. Características de la investigación no experimental.....	25
CAPÍTULO 3. CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE MIEL	27

3.1. La producción de miel en México	29
<i>Parámetros de calidad de la miel</i>	30
<i>Principales productos derivados de la colmena</i>	33
<i>La producción apícola en México</i>	34
<i>Normatividad</i>	37
<i>Proceso productivo</i>	39
<i>Estructura de la cadena productiva de la miel</i>	40
<i>Infraestructura de acopio</i>	43
<i>Organización de productores</i>	44
<i>Estacionalidad de la producción</i>	45
<i>Regionalización de la producción</i>	46
<i>Sanidad apícola</i>	50
<i>Principales fuentes de néctar en Aguascalientes, México</i>	51
<i>Cosecha del primer semestre (primavera-verano)</i>	52
<i>Cosecha del segundo semestre (otoño-invierno)</i>	53
CAPÍTULO 4. EL ANÁLISIS BIOECONÓMICO EN LA APICULTURA	55
4.1. Las abejas y su interacción con el clima	57
4.2. Las fuentes de néctar y su interacción con el clima	66
4.3. La función de producción como modelo bioeconómico	69
<i>La función de producción tipo Cobb Douglas</i>	77
<i>Modelos autorregresivos</i>	81
CAPÍTULO 5. MATERIALES Y MÉTODOS	85
5.1. El área de estudio	87
5.2. Diseño del experimento socioeconómico	88
<i>Tamaño de muestra</i>	92
5.3. Características de los productores entrevistados	95
<i>Tipo de abeja</i>	96
<i>Tipo de colmena</i>	99
<i>Ubicación e instalación del apiario</i>	101
<i>Manejo técnico del apiario</i>	104
5.4. Base de datos para el estudio del fenómeno	109
<i>Determinación de la producción de miel</i>	116
5.5. Modelización bioeconómica de la producción de miel	119

<i>Función de producción de miel</i>	126
<i>Especificación dinámica del modelo</i>	128
<i>Simulación de escenarios</i>	130
CAPÍTULO 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	133
6.1. Modelo bioeconómico de producción de miel por colmena .	135
<i>Elasticidades a largo plazo</i>	139
6.2. Capacidad predictiva del modelo.....	141
6.3. Escenarios posibles.....	146
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES	151
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	157
ANEXOS	177
Anexo 1. Calendario de floración apícola del altiplano	179
Anexo 2. Cuestionario aplicado en la encuesta.....	180
Anexo 3. Escenario 2020	182
Anexo 4. Escenario 2050	183

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis bromatológico de la miel	30
Cuadro 2. Características de la miel de Aguascalientes por fuente de néctar.....	32
Cuadro 3. Características fisicoquímicas de la calidad de la miel ...	32
Cuadro 4. Producción de miel en México 2010	36
Cuadro 5. Zonas productoras de miel según el precio de venta	49
Cuadro 6. Guía del apicultor del altiplano mexicano.....	105
Cuadro 7. Variables de producción y manejo	110
Cuadro 8. Variables agroclimáticas	110
Cuadro 9. Estaciones meteorológicas de CONAGUA en Aguascalientes	115
Cuadro 10. Modelo de kg de miel por colmena (Two-Stage Least Squares)	136
Cuadro 11. Coeficientes de elasticidades a corto y largo plazo.....	141
Cuadro 12. Modelo de kg de miel por colmena (Segundo modelo)	142
Cuadro 13. Validación del modelo (Kg por colmena reales vs predichos)	144
Cuadro 14. Coeficientes de elasticidades a corto y largo plazo.....	146
Cuadro 15. Escenarios de cambio climático para Aguascalientes.	147
Cuadro 16. Rendimiento promedio según la función de producción	148

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la Cadena Apícola.....	41
Figura 2. Proceso de comercialización de la miel.....	43
Figura 3. Estacionalidad de la producción apícola.....	45
Figura 4. Regionalización de la actividad apícola en México.....	46
Figura 5. Colmena tipo Jumbo.....	100
Figura 6. Estaciones meteorológicas de CONAGUA en Aguascalientes	113
Figura 7. Capacidad predictiva del modelo.....	143
Figura 8. Producción promedio por colmena	149

CAPÍTULO 1.

Introducción



Abeja reina con tres obreras.

1.1. Antecedentes

En México las regiones áridas y semiáridas ocupan cerca de la mitad del territorio nacional (Ruiz & Febles, 2004), asimismo gran parte del territorio del Estado de Aguascalientes se distingue por estas características, en donde la disponibilidad de agua es un factor limitante para la realización de actividades agropecuarias (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática [INEGI], 2002, 2011) y la apicultura ha demostrado ser una actividad rentable para la región, dado que algunas de sus ventajas en zonas con tales ecosistemas son; en primer lugar, su bajo consumo de agua, generando un impacto ecológico positivo (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA], 2009) y en segundo lugar, la producción de miel con características bromatológicas diferenciadas, propias de climas semiáridos.

Debido al clima semiárido del Estado de Aguascalientes, son necesarias alternativas productivas con bajos requerimientos de agua, y la apicultura es un medio de vida en armonía con el medio ambiente (IICA, 2009). La segunda temporada de cosecha en octubre-noviembre, genera mayor derrama económica que la primera en abril-mayo (Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria [ASERCA], 2011). Más del 60 % de la miel proviene de una misma fuente de néctar, a diferencia de la que se produce en el sureste de México, donde la diversidad de especies de plantas con aptitud apícola, impide analizar la influencia de cada una en la producción, bajo condiciones agroclimáticas determinadas.

Las abejas son valiosas para recuperar y estabilizar los ecosistemas, y sin deteriorarlos proveen beneficios económicos directos (Winfree, 2010) sin deteriorar los recursos naturales base (Bradbear, 2005). La producción de

miel está destacando como un negocio prioritario, para una gran cantidad de familias (Guzmán, 2005), por lo que los pronósticos de producción de miel de abeja, son importantes para la toma de decisiones (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2003).

Diversos autores han demostrado la evidente relación que existe, entre los cambios del clima, con el comportamiento tanto de animales, como de plantas ,y su respuesta se ha observado en función de las características fenológicas de cada especie (Hegland, Nielsen, Lázaro, Bjerknes, & Totland, 2009; Parmesan, 2006; Parmesan & Yohe, 2003; Root, MacMynowski, Mastrandrea, & Schneider, 2005), razón por la cual, se han realizado trabajos de investigación enfocados a analizar, como tales cambios han incidido sobre la generación de riqueza, producto de la explotación de recursos naturales consistentes en seres vivos; como animales y plantas, adaptando funciones de producción al análisis de los rendimientos, no solo en función del capital y el trabajo invertidos, sino también en función de las variaciones del clima (Mjelde, Hill, & Griffiths, 1998; Seo, Mendelsohn, & Munasinghe, 2005; Turvey, 1999, 2001).

Las flores que proveen de néctar a la segunda cosecha de miel del año, son consideradas como malezas, y brotan principalmente en cultivos de temporal, proliferando en los de maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), avena (*Avena sativa*) y sorgo (*Sorghum bicolor*).

La falta de aplicación de herbicidas, de alta tecnificación y los pocos cultivos de riego por falta de agua, favorecen el crecimiento de estas fuentes de néctar en los cultivos de temporal, para la producción de miel en el Estado; en los casos de cultivos con uso de herbicidas, como ocurre en la mayoría de los que tienen riego, al no haber malezas, no se genera producción de miel en ellos.

1.2. Justificación e importancia

La apicultura ha demostrado ser una actividad económica de relevancia como generadora de riqueza, y desempeña un importante papel en el sector ganadero de varios países, pero así como ha demostrado su importancia, también ha manifestado su evidente sensibilidad a las condiciones agroclimáticas, debido a que tanto las abejas recolectoras, como las fuentes de néctar de donde se explota la miel, dadas sus características fenológicas particulares, determinan en gran medida su productividad, en función del clima predominante en los ecosistemas donde se estén desarrollando (Le-Conte & Navajas, 2008).

La apicultura en México ubica al país como el sexto productor mundial de miel, y como el tercer exportador; destacando como la tercera actividad dentro del sector pecuario nacional en captación de divisas, enfatizando los enormes servicios que ofrece al ecosistema y a la productividad agrícola (Organización Nacional de Apicultores [ONA], 2007).

La apicultura mexicana enfrenta desafíos en una economía globalizada, ya que debe desarrollarse acorde con los requisitos y las tendencias de calidad que exige el mercado internacional, además de la necesidad de mantener, tanto una capacitación constante para el desarrollo de tecnologías que permitan alcanzar mayores niveles de productividad y diversificación de productos, como el desarrollo de trabajos de investigación, que atiendan las necesidades de conocimiento, sobre los riesgos que representan las contingencias climatológicas, que inciden de manera directa en la labor de las abejas.

En el estado de Aguascalientes, México, en el año 2010, había un inventario de cerca de 8.910 colmenas, pertenecientes en su mayoría a apicultores organizados en 4 asociaciones de productores afiliadas al

Comité Sistema Producto Apícola del Estado de Aguascalientes, A.C., auspiciado por la SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). En 2010 la producción de miel en Aguascalientes llegó a 270 toneladas, a pesar de la baja precipitación y las altas temperaturas que predominaron en la región, pero gracias a la tecnificación de los apicultores, casi se alcanzó el promedio normal de producción de 30 kg de miel por colmena en la mencionada región. El 90 % de la miel obtenida se destinó a la exportación y 10 % restante al mercado nacional. (V. H. Franco, Catedrático de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, entrevista personal, 22 de mayo de 2011).

Por sus características semiáridas, el Estado de Aguascalientes tiene condiciones favorables para la producción de miel de altiplano; miel altamente concentrada con bajo contenido de agua. El árbol llamado mezquite (*Prosopis laevigata*) es la principal fuente de néctar para la primer cosecha del año, la cual tiene lugar el primer semestre del año durante los meses de abril y mayo.

El segundo ciclo de cosecha, abarca los meses de octubre a noviembre en el segundo semestre del año, tiene como principal origen floral la aceitilla (*Bidens spp.*), la cual conforma la fuente de néctar en más de un 60 %, el resto de la cosecha se ve abastecida por otras flores con menor aportación, entre las que destaca el lampote (*Simsia lagascaeformis*). En este trabajo se propone un modelo explicativo de la producción de miel por colmena, en función de variables climáticas incontrolables por el hombre, y de otras donde puede ejercer cierto control, para de esa manera contar con una herramienta de análisis que permita conocer, las posibilidades productivas para desarrollar la apicultura en alguna región en especial, y así los apicultores de Aguascalientes puedan realizar compromisos de venta con un grado mayor de certidumbre.

1.3. Planteamiento del problema

Los apicultores enfrentan la incertidumbre, de no contar con herramientas de análisis suficientes, para asegurar un nivel de producción determinado ante las exigencias de un mercado en particular, porque a diferencia de otros productos agropecuarios, la materia prima más importante en esta actividad, los recursos apibotánicos o florísticos, se obtiene directamente del medio silvestre, lugar en donde su dotación, depende en gran medida de factores incontrolables por la mano del hombre, como son los cambios en las condiciones agroclimáticas.

Ante la evidencia empírica de la influencia del clima sobre la producción agrícola, diversos estudios bioeconómicos han considerado, dentro de funciones de producción enfocadas a analizar económicamente la agricultura, los factores climáticos como variables explicativas (Kaul, 2007), empleando para este fin, funciones de producción clásicas mediante métodos de regresión lineal múltiple aplicando MCO (Mínimos Cuadrados Ordinarios), y funciones de producción tipo Cobb-Douglas, dada su gran flexibilidad a la hora de modelizar la productividad tanto en el área agrícola, como en la agropecuaria (Pech-Martínez, Santos-Flores, & Montes-Pérez, 2002).

A la hora de modelar rendimientos en procesos de tipo biológico, la función Cobb-Douglas presenta propiedades como la sustituibilidad de factores y la facilidad de interpretar los parámetros (Kouka, Jolly, & Henao, 1994). Otra ventaja, es que los rendimientos de escala pueden ser crecientes, decrecientes y constantes, en función de la suma de los términos exponenciales, por lo que se sigue utilizando para la estimación de funciones de productividad en la agricultura (Neumann, Verburg, Stehfest, & Müller, 2010). En este caso se plantea además, la necesidad de

incorporar una estructura dinámica a la función, que incluya influencias a mediano plazo provocadas por variables retardadas.

La dificultad para diseñar una función de producción de miel en el ramo apícola, se debe a que para poder aplicar tal modelo, al análisis de un problema bioeconómico determinado, por ejemplo para estimar los rendimientos de alguna fuente de recursos, como en el caso de algún cultivo específico, es necesario implementar un diseño de investigación que permita, ya sea, tener cierto grado de control sobre las variables que teóricamente inciden sobre la productividad del cultivo o variedad a analizar, o contar con una población de características relativamente homogéneas, que aunque sus condiciones estén dadas, como ocurre en los experimentos que tienen lugar en las ciencias sociales, sea posible contar con cierto grado de homogeneidad en las características tanto de la población, como de las variables que la afectan (Kaufmann & Snell, 1997).

Ante el temor de posibles crisis alimentarias, producto de los cambios climáticos, independientemente de que sus causas sean o no antropogénicas, la inquietud por incluir como factor a los recursos naturales, dentro de las funciones de producción, responde la necesidad de contar con mayor certidumbre al momento de hacer pronósticos de producción y ventas, dentro del sistema de economía de mercado en el que se desarrolla el comercio mundial (González, Angulo, & López, 2010), razón por la cual surge la necesidad de contar con un sustento metodológico, producto del desarrollo de estudios en el área agropecuaria mediante modelos bioeconómicos, los cuales podrían justificar la creación de derivados financieros que tengan como subyacente el clima, y de esta forma reducir el riesgo que el sector primario afronta constantemente, dada su inseparable relación con las condiciones meteorológicas (Castro, 2009;

Cruz & Llinas, 2010; Chen, McCarl, & Schimmelpfennig, 2004; Martin, Barnett, & Coble, 2001; Turvey, 1999, 2001).

Otro factor que ha dificultado el análisis bioeconómico de la producción de miel, desde un enfoque econométrico, ha sido la carencia de bases de datos con series de tiempo, que muestren la producción de miel de una región en especial, bajo condiciones ambientales y de trabajo homogéneas, pues dado que en la mayoría de las explotaciones apícolas se practica la trashumancia; el movimiento de colmenas de una localización geográfica a otra, ha sido difícil comprobar formalmente, mediante el uso del método científico, lo que es evidente empíricamente; la correlación entre las variables climáticas y la productividad de las abejas.

Ante este panorama, la necesidad de diseñar una función de producción aplicable a la producción de miel, muestra cuatro grandes requerimientos; en primer lugar, contar con una muestra de apicultores que hayan estado cosechando miel en las mismas zonas geográficas, por un periodo de tiempo que permita un análisis histórico, en segundo lugar, contar con las lecturas correspondientes a las variaciones del clima en dichas zonas geográficas, tercero conocer la raza de abeja que se ha usado predominantemente en dicho periodo de tiempo, en cuarto lugar, contar con una zona de estudio en donde la planta que funge como fuente de néctar, sea predominante en más del 50 % de la composición de la miel cosechada, así como identificable del resto de las posibles fuentes de néctar del área a estudiar, y quinto, contar con la información correspondiente al manejo aplicado, para tener la seguridad de que todos los apicultores seleccionados llevan a cabo un manejo técnico homogéneo.

En esta tesis, la base de datos elaborada cumple con los requerimientos mencionados, difíciles de alcanzar, dada la naturaleza del trabajo de campo necesario, tanto para seleccionar y estudiar a cada apicultor de la

zona; quienes directamente proporcionaron información que no está disponible en ninguna otra fuente, como para delimitar la zona de estudio en función de la fuente de néctar y de condiciones climáticas determinadas. La gran dificultad en cubrir estos requerimientos, ha sido la principal limitante en el desarrollo de modelos bioeconómicos que estudien la producción de miel, y no tanto la productividad de otros cultivos en función de los servicios de polinización de las abejas.

La actividad apícola al mantener una estrecha dependencia con las condiciones climáticas, genera incertidumbre entre los diferentes actores del mercado, principalmente en los productores (ASERCA, 2011), no obstante, ante tales evidencias, independientemente de sus causas, los riesgos y temores se incrementan, obligando al sector a la adopción de acciones con el propósito de minimizar los posibles efectos negativos del ambiente, en lo que respecta a la implementación de mejor tecnología para el manejo técnico, y a la contratación de seguros, para paliar los problemas económicos que puedan derivar de una baja producción a consecuencia del ambiente.

En este trabajo se considera que la productividad de las colmenas de Aguascalientes en la segunda cosecha del año, está determinada por el clima, el cual influye sobre la dotación de recursos apibotánicos, por la superficie cosechada de cultivos de temporal, medio donde prolifera la fuente de néctar, así como por la cantidad de jornales aplicados al año por colmena y el capital invertido por apiario; representado por la cantidad de colmenas que lo componen, el cual en este caso se consideró constante.

1.4. Objetivo

Determinar desde un enfoque bioeconómico con una función de producción tipo Cobb-Douglas, para la segunda temporada de cosecha en

Aguascalientes, la relación entre producción de miel por colmena y las variables temperatura media, precipitación pluvial, superficie de cosechada de cultivos de temporal (secano) y jornales aplicados, manteniendo constante el capital.

1.5. Hipótesis

Considerando los factores trabajo, capital, clima y uso del suelo, se puede observar el impacto del ambiente sobre la productividad de las colmenas, y considerarlos en el diseño de una función de producción, permite conocer el grado de influencia de cada uno, sobre el comportamiento del eslabón de producción en la cadena de valor apícola.

1.6. Metodología

Se analizó el efecto de la temperatura, precipitación, superficie cosechada de cultivos de temporal (secano) y la cantidad de trabajo aplicado, sobre la producción de miel de abeja por colmena del Estado de Aguascalientes en la segunda temporada de cosecha correspondiente al segundo semestre del año, modelando una función de producción tipo Cobb-Douglas mediante el método de Mínimos Cuadrados Bietápicos (Two-Stage Least Squares), para corregir problemas de endogeneidad. Además, se incorporó dinamicidad al modelo, mediante la introducción de variables retardadas en los dos lados de la ecuación, utilizando un tipo de especificación autoregresiva alejado de enfoques estáticos.

Se utilizó información agroclimática recabada por CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) de 1998 a 2010, datos de la producción agrícola de cultivos de temporal en el Estado proporcionados por SAGARPA e INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática) y estadísticas de producción de miel por colmena, obtenidas con una encuesta directa a miembros del Comité sistema Producto Apícola del Estado de

Aguascalientes, A. C., quienes trabajan aplicando protocolos de calidad e inocuidad y aplican el mismo tipo de manejo técnico. El criterio de selección de las variables agroclimáticas a incluir en el modelo se fundamentó en trabajos de otros autores en lo referente a las características fenológicas de las abejas, y de la fuente de néctar predominante de la temporada de cosecha en cuestión, la elección de la cantidad de trabajo aplicado como variable explicativa, obedece a la teoría económica en torno al diseño de una función de producción del tipo propuesto. Finalmente para inferir la dotación de recursos apibotánicos, se incluyó la variable correspondiente a la proporción de superficie cosechada de cultivos de temporal dentro del rango de pecoreo en torno a cada apiario.

Se modeló una función de producción tipo Cobb Douglas para analizar la producción de miel por colmena como se destaca a continuación:

$$Y_i = AX_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} \dots X_i^{\beta_i} e^{-u_i} \quad [1.1]$$

Dónde:

Y_i = Producción de miel por colmena.

X_i = Variables correspondientes a temperatura, precipitación pluvial, superficie cosechada de cultivos de temporal y trabajo aplicado. Con $i = 1, 2, \dots, n$.

A = Constante multiplicativa de la función.

β_i = Parámetros que representan el cambio porcentual en la variable dependiente (producción de miel por colmena) al variar en 1% la variable explicativa correspondiente. Con $i = 1, 2, \dots, n$.

e^{-u_i} = Error.

Para para calcular el tamaño de muestra para una población finita, mediante muestreo aleatorio simple se usó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N \cdot \frac{Z_{\alpha}^2}{2} \cdot s_N^2}{\left(N \cdot d^2\right) + \left(\frac{Z_{\alpha}^2}{2} \cdot s_N^2\right)} \quad [1.2]$$

Dónde:

n = Número de colmenas a muestrear.

N = Población de colmenas total.

s_N^2 = Varianza de la población.

d = Precisión.

$\frac{Z_{\alpha}}{2}$ = Valor de Z, $N \sim (1,0)$, (distribución normal estándar), que representa

el nivel de probabilidad del error.

Se calculó un tamaño de muestra de 1.145,43 colmenas, no obstante considerando la disponibilidad de tiempo y recursos se tomó una muestra mayor; en Aguascalientes se reportaron alrededor de 8.910 colmenas, y se

tomó una muestra de 4.901 que constituye más del 50% del total del inventario de colmenas reportado por SAGARPA para 2010 (SIAP, 2013).

1.7. Estructura de la tesis

El contenido de este trabajo de tesis se articula como se describe a continuación; en el capítulo 1 como parte de la introducción, se abordan los antecedentes del tema de investigación, para proceder a su justificación y al planteamiento del problema con los objetivos e hipótesis correspondientes, describiendo la metodología propuesta.

Para realizar el planteamiento del marco teórico que sustenta la investigación, en el capítulo 2, se parte de la definición del diseño de la investigación dentro del ámbito de las ciencias sociales, describiendo la tipología de los estudios que tienen lugar en el análisis del comportamiento humano, para describir la naturaleza no experimental de este trabajo bioeconómico, y justificar su validez científica para el análisis de la relación entre el clima y la generación de riqueza en la apicultura, lo cual determinó la subsecuente construcción de la base de datos, para el diseño de la función de producción como modelo bioeconómico.

En el capítulo 3 se describe la producción apícola en México, así como las características de la miel como materia prima, destacando las particularidades ambientales de cada una de las zonas apícolas de México, las cuales han sido definidas con base en sus rasgos climáticos y geográficos.

Se describen brevemente los productos derivados de la colmena destacando la miel, abordando conceptos importantes sobre su ámbito de producción en México, los cuales abarcan desde la normatividad correspondiente, las características del proceso productivo, la organización de los productores, la regionalización, estacionalidad de la producción y la

sanidad apícola, subrayando las particularidades de producción propias del Estado de Aguascalientes, describiendo las características de cada una de sus dos cosechas anuales, haciendo énfasis en la segunda, donde más del 60 % de la cosecha de miel está compuesta por flora de la familia *Asteraceae*.

Partiendo de la existencia de una evidente relación entre el clima, el comportamiento de las abejas y las fuentes de néctar, en el capítulo 4 se destaca como la producción de miel, a pesar de los trabajos y cuidados del hombre, se encuentra sujeta a riesgos que no pueden ser controlados por él; se realiza una revisión de literatura sobre las abejas y su interacción con el ambiente, haciendo énfasis en la especie *apis mellifera*, con el objetivo de demostrar el impacto económico de los cambios en el clima sobre el desarrollo fenológico de las abejas, y por lo tanto sobre su productividad, asimismo, se aborda también el análisis de la interacción entre las fuentes de néctar de la segunda cosecha de miel de Aguascalientes, con el clima y los cambios fitofenológicos resultantes, hecho que justifica la pertinencia del desarrollo de análisis bioeconómicos subsecuentes.

Ante la necesidad de expresar en términos formales el impacto económico del clima sobre la productividad de las abejas, lo cual empíricamente ha sido observado, también se hace una revisión de diversos casos en los que se plantea una función de producción como modelo bioeconómico para explicar la interacción entre los procesos biofísicos, agroecológicos y socioeconómicos, estimando un modelo de función de la productividad en las cosechas de diversos cultivos, basado en los efectos del clima, con el propósito de llevar a cabo una subsiguiente extrapolación al análisis de la cosecha de miel para capturar lo más posible la naturaleza dinámica de los procesos implicados, tomando en cuenta los efectos dinámicos de

retroalimentación entre las decisiones humanas y los procesos biológicos involucrados en la producción apícola.

Se describe la función de producción tipo Cobb-Douglas, su composición y aplicaciones en sistemas agrícolas y pecuarios, argumentando las ventajas de este tipo de modelización en análisis bioeconómicos, adicional a esto, se hace una breve semblanza de los modelos autorregresivos, de su composición y pruebas estadísticas, cuya aplicación complementará la aplicación de la mencionada técnica de modelización, propuesta para desarrollar una función de producción, que represente un modelo bioeconómico metodológicamente bien sustentado.

En el capítulo 5, se expone la metodología que se ha seguido en esta investigación, abordando la justificación de la selección de la zona de estudio, el planteamiento del trabajo de campo para la recopilación de la información primaria, así como el tratamiento y el posterior análisis realizado de los datos obtenidos directamente de la muestra de productores apícolas obtenida.

En el capítulo 6 se abordan los resultados del análisis de la modelización de producción de miel por colmena, y se da paso a las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO 2.

Fundamento del marco metodológico



Flores de Aceitilla en un campo de cultivo de Aguascalientes, México.

Para fundamentar el marco metodológico de este trabajo de tesis, se realizó una breve revisión de los diseños de investigación en las ciencias sociales. El diseño de la investigación fue laborioso debido a que el fenómeno bioeconómico analizado conjunta en su naturaleza elementos biológicos, económicos y sociales.

2.1. Diseños de investigación en las ciencias sociales

La tipología de estudios en las ciencias sociales se refiere al alcance que puede tener una investigación científica. Dicha tipología considera cuatro clases de investigaciones; exploratorias, descriptivas, correlacionales y explicativas (Fernández-Collado & Dahnke, 1986). En la práctica, cualquier estudio puede incluir elementos de más de una de estas cuatro clases de investigación.

Los estudios exploratorios se llevan a cabo con objetivo de abrir el camino para futuras investigaciones, por lo que ordinariamente anteceden a los otros tres tipos (Fernández-Collado & Dahnke, 1986). Los estudios descriptivos por lo general fundamentan las investigaciones correlacionales (Selltiz, Wrightsman, & Cook, 1980), las cuales a su vez proporcionan información para llevar a cabo estudios explicativos que tienen el propósito de generar un sentido de entendimiento y son altamente estructurados.

El hecho que determina el que un estudio se inicie como exploratorio, descriptivo, correlacional o explicativo depende básicamente de dos factores, en primer lugar, el estado del conocimiento en el tema de investigación, en segundo lugar, el enfoque que el investigador le pretenda dar al estudio.

Determinación del tipo de investigación

Son dos los factores que influyen en que una investigación se inicie como exploratoria, descriptiva, correlacional o explicativa, en primer lugar, el estado del conocimiento en el tema de investigación y en segundo lugar, el enfoque que el investigador pretenda dar a su estudio.

En primer término, la literatura puede revelar que no hay antecedentes sobre el tema en cuestión, o que no son aplicables al contexto en el cual habrá de desarrollarse el estudio, en cuyo caso la investigación tendrá que iniciarse como exploratoria. Si la literatura revela guías aún no estudiadas e ideas vagamente vinculadas con el problema de investigación, la situación es similar.

En segundo término, la literatura puede revelar que hay, por llamarlo de alguna manera, piezas o trozos de teoría con apoyo empírico moderado, esto es, estudios descriptivos que han detectado y definido ciertas variables. En estos casos la investigación puede iniciarse como descriptiva, ya que se detectaron ciertas variables en las cuales se puede fundamentar el estudio. Asimismo, se pueden adicionar variables a medir.

En tercer término, la literatura puede revelar la existencia de una, o varias relaciones entre conceptos o variables. En estas situaciones la investigación se iniciará como correlacional.

En cuarto término, la literatura puede revelar que existe una o varias teorías que se aplican al problema de investigación; en estos casos el estudio podría iniciarse como explicativo.

Por otra parte, el enfoque que el investigador le dé a su estudio determina cómo se iniciará éste. Si un investigador piensa en realizar un estudio sobre un tema ya estudiado previamente pero dándole un enfoque

diferente, el estudio puede iniciarse como exploratorio, cuantos más antecedentes haya, mayor será la precisión inicial de la investigación, de este modo, como se ha explicado, el estudio puede iniciarse como exploratorio y terminar siendo explicativo.

2.2. Selección del diseño de investigación

Con el propósito de alcanzar los objetivos de investigación planteados y someter a prueba las hipótesis formuladas, se procede a seleccionar un diseño específico de investigación, el cual puede ser de dos tipos; experimental o no experimental.

Una vez que se ha definido el tipo de estudio a realizar y establecido la hipótesis de investigación, se debe concebir la manera práctica y concreta de alcanzar los objetivos del trabajo. Esto implica la selección y desarrollo de un diseño de investigación y aplicarlo al contexto particular del objeto de estudio. El término “diseño” se refiere al plan o estrategia concebida para responder a las preguntas surgidas de los objetivos de investigación (Christensen, 2007). El diseño señala lo que se debe hacer para alcanzar los objetivos de estudio, contestar las interrogantes que se han planteado, y analizar la certeza de las hipótesis formuladas en un contexto en particular.

En la investigación del comportamiento humano, se han distinguido dos contextos en donde puede tomar lugar un diseño; laboratorio y campo. Así, se habla de experimentos de laboratorio y experimentos de campo. El experimento de laboratorio es un estudio de investigación, en el que se mantiene reducido el efecto de la mayoría de las variables independientes que podrían influir, pero que no pertenecen al problema inmediato del tema de investigación, y el experimento de campo es un estudio de investigación en una situación realista, en la que una o más variables independientes

son manipuladas por el experimentador, en condiciones tan cuidadosamente controladas como lo permite la situación (Kerlinger, 1981; Kerlinger & Lee, 2002). La diferencia esencial entre ambos contextos, es la realidad con la que los experimentos se llevan a cabo, el grado en que el ambiente es natural para los sujetos.

Diseño de investigación para estudiar las actividades humanas

En la literatura relativa a los diseños de investigación científica, pueden encontrar diferentes clasificaciones de los tipos de diseños de investigación existentes, siendo la más aceptada la que los divide bajo la clasificación de investigación experimental e investigación no experimental.

La investigación experimental puede dividirse de en las siguientes categorías; preexperimentos, experimentos puros (verdaderos) y cuasiexperimentos, por otro lado la investigación no experimental se subdivide en diseños transaccionales o transversales y diseños longitudinales (Campbell & Stanley, 1973). Cabe aclarar que en términos generales, no se considera que un tipo de investigación sea mejor que otro. Tanto el tipo de investigación experimental como el no experimental, son relevantes y necesarios, tienen un valor propio y ambos deben llevarse a cabo dentro del contexto de cada investigación particular. Cada uno posee sus características, y la elección sobre qué clase de investigación y diseño específico se seleccione, depende de los objetivos trazados, las preguntas planteadas, el tipo de estudio a realizar (exploratorio, descriptivo, correlacional o explicativo) y las hipótesis formuladas.

Diseños de investigación experimental

En general el término experimento, se refiere a tomar un rumbo de acción y después observar sus consecuencias, la esencia de esta concepción de

experimento, es que involucra la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles efectos (Babbie, 2012).

De acuerdo con el sentido científico del término, un experimento se refiere a un estudio de investigación en el que se manipulan deliberadamente una o más variables independientes, supuestas causas, para analizar las consecuencias de esa manipulación sobre una o más variables dependientes, los supuestos efectos, dentro de una situación de control para el investigador. Los experimentos auténticos o puros, manipulan variables independientes para ver sus efectos sobre variables dependientes, en una situación de control.

Para que un experimento pueda ser clasificado como experimento puro, debe de cumplir con tres requisitos. El primero es la manipulación intencional de una o más variables independientes. La variable independiente es la que se considera como supuesta causa en una relación entre variables, es la condición antecedente; y al efecto provocado por dicha causa se le denomina variable dependiente o condición consecuente. En un experimento, para que una variable pueda ser calificada como independiente se necesitan dos requerimientos, el primero, que varíe o sea manipulada y el segundo, que esta variación pueda controlarse. Por su parte, la variable dependiente no se manipula, sino que se mide para ver el efecto de la manipulación de la variable independiente sobre ella.

El segundo requisito, es medir el efecto de la variable independiente sobre la variable dependiente. Esto es igualmente importante, y como en ella se observa dicho efecto, es requisito que su medición sea válida y confiable, si no se puede asegurar que estuvo adecuadamente medida, los resultados no serán útiles.

El tercer requisito que todo experimento verdadero debe cumplir, es el control o validez interna de la situación experimental. El término “control” tiene diversas connotaciones dentro de la experimentación; sin embargo su acepción más común, se refiere a que si se observa que con el experimento una o más variables independientes, al ser manipuladas hacen variar a las dependientes, la variación de estas últimas se debe a la manipulación de las independientes, y no a otros factores o causas; o si se observa que una o más independientes no tienen un efecto sobre las dependiente, se pueda estar seguro de ello. En términos más coloquiales, tener control significa saber qué está ocurriendo realmente, con la relación entre las variables independientes y las dependientes. En la estrategia de la investigación experimental, el investigador no manipula una variable sólo para comprobar lo que ocurre con la otra, sino que, al efectuar un experimento, es necesario realizar una observación controlada (Van-Dalen & Meyer, 1984).

Diseños de investigación no experimental

La investigación no experimental, es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente las variables de estudio. Es decir, es investigación donde no hace variar intencionalmente las variables independientes; lo que se hace es observar los fenómenos tal y como se desarrollan en su contexto natural, para después analizarlos. La investigación no experimental o *expost-facto*, es cualquier investigación en la que resulta imposible manipular variables o determinar aleatoriamente a los sujetos o a las condiciones, tales sujetos son observados en su ambiente natural, en su realidad (Kerlinger, 1981; Kerlinger & Lee, 2002).

En una investigación experimental, el investigador construye deliberadamente una situación, a la que son expuestos varios individuos. Esta situación consiste en recibir un tratamiento, condición o estímulo bajo

determinadas circunstancias, para después analizar los efectos de la exposición o aplicación de dicho tratamiento o condición. En otras palabras, en un experimento se construye una realidad, en cambio, en un estudio no experimental no se construye ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente por el investigador.

En la investigación no experimental, las variables independientes ya han ocurrido y no pueden ser manipuladas, el investigador no tiene control directo, y no puede influir sobre ellas porque ya sucedieron, al igual que sus efectos.

2.3. Características de la investigación no experimental

Tanto la investigación experimental como la no experimental, poseen características propias, son herramientas muy valiosas de que dispone la ciencia, y ningún tipo es mejor que el otro. El diseño a seleccionar en una investigación, depende del problema a resolver, y el contexto que rodea al estudio.

El control sobre las variables es más riguroso en los experimentos que en los diseños cuasiexperimentales, y a su vez, ambos tipos de investigación tienen mayor control que los diseños no experimentales. En un experimento se analizan relaciones puras entre las variables de interés, sin contaminación de otras variables, y por ello podemos establecer relaciones causales con mayor precisión, para poder saber cuánto afectó cada variable explicativa sobre la variable de respuesta. En cambio, en la investigación no experimental, resulta más complejo separar los efectos de las múltiples variables que intervienen.

En la investigación experimental, las variables pueden manipularse por separado o conjuntamente con otras para conocer sus efectos, en la investigación no experimental esto no puede hacerse.

Por lo que respecta a la posibilidad de réplica, los diseños experimentales y cuasiexperimentales se pueden replicar más fácilmente, con o sin variaciones. Pueden replicarse en cualquier lugar siguiendo el mismo procedimiento. Ahora bien, en los experimentos, sobre todo en los de laboratorio, las variables independientes pocas veces tienen tanta fuerza como en la realidad (Kerlinger, 1981; Kerlinger & Lee, 2002). Es decir, en el laboratorio dichas variables no muestran la magnitud real de sus efectos, la cual suele ser mayor fuera del laboratorio. Por lo tanto, si se encuentra un efecto en el laboratorio, éste tenderá a ser mayor en la realidad.

En cambio, en la investigación no experimental, se está más cerca de las variables establecidas como reales en la hipótesis, y por consecuencia se tiene mayor validez externa, es decir, la posibilidad de generalizar los resultados a otros individuos y situaciones habituales.

Una desventaja de los experimentos, es que normalmente seleccionan un número de personas poco o medianamente representativo, respecto a las poblaciones que estudian. Por tal razón, los resultados de un experimento deben observarse con precaución, y es a través de la réplica de éste, en distintos contextos y con diferentes tipos de personas, como van generalizándose dichos resultados.

CAPÍTULO 3.

Caracterización de la producción de miel



Abeja libando en una flor de Aceitilla.

Con el propósito de describir las características particulares de cada temporada de cosecha de miel en Aguascalientes, así como sustentar las ventajas comparativas de la miel que se produce en la zona; orientadas a la calidad y preferencias del mercado internacional, respecto a la que se cosecha en otras regiones de México; se llevó a cabo una revisión de las particularidades de la producción apícola mexicana, enunciando brevemente los parámetros de calidad de la miel, y los principales productos derivados de la colmena, para posteriormente abordar de manera general el contexto de la producción apícola en México, y finalmente describir las características particulares de cada una de las dos cosechas en función de sus respectivas fuentes de néctar.

3.1. La producción de miel en México

La Norma Mexicana NMX-F-036-2006, titulada como “Alimentos-Miel-Especificaciones y Métodos de Prueba”, menciona que la miel por su presentación, se clasifica en las siguientes modalidades:

1. Miel en panal: es la miel que no ha sido extraída de su almacén natural de cera y puede consumirse como tal.
2. Miel líquida: es la miel que ha sido extraída de los panales y que se encuentra en estado líquido, sin presentar cristales visibles.
3. Miel cristalizada: es la miel que se encuentra en estado sólido o semisólido granulado, es resultado del fenómeno natural de cristalización de los azúcares que la constituyen.

Aun cuando en dicha Norma Mexicana, no se hace referencia al destino final de la miel, éste puede clasificarse en dos: para consumo directo, o como materia prima para la elaboración industrial de productos alimenticios (cereales, derivados lácteos, repostería, etc.).

CAPÍTULO 3. Caracterización de la producción de miel

Las características sensoriales y fisicoquímicas del producto, están muy asociadas con su origen geográfico y botánico. De acuerdo a la mencionada Norma Mexicana NMX-F-036-2006, el color es variable, por lo que puede ser blanca agua, extra blanca, blanca, extra clara ámbar, ámbar clara, ámbar y oscura. La miel se oscurece con el envejecimiento y la exposición a altas temperaturas; la magnitud de este proceso está influenciada por su origen botánico.

Parámetros de calidad de la miel

La miel es una solución concentrada de azúcares, con predominancia de glucosa y fructuosa. Contiene además una mezcla compleja de otros hidratos de carbono, enzimas, aminoácidos, ácidos orgánicos, minerales, pigmentos, cera, y granos de polen (Cuadro 1). La composición química varía según su origen floral.

Cuadro 1. Análisis bromatológico de la miel

Componentes	%
Agua	17,20
Levulosa (d-fructuosa)	38,19
Dextrosa (d-glucosa)	31,28
Sucrosa (sacarosa)	1,31
Maltosa y otros disacáridos reductores	7,31
Azúcares superiores	1,50
Ácidos (glucónico, cítrico, málico, succínico, fórmico, etc.)	0,57
Proteínas (aminoácidos: ácido glutámico, alanina, arginina, etc.)	0,26
Cenizas (minerales, potasio, sodio, magnesio, calcio, hierro, etc.)	0,17
Componentes menores (pigmentos, enzimas, etc.)	2,21

Fuente: National Honey Board, 2008.

Describiendo las características del análisis químico al que se somete la miel para asegurar su calidad, se pueden observar los siguientes aspectos:

1. Acidez: este indicador muestra el grado de fermentación de la miel y por lo tanto su calidad. En general se tolera un nivel Acidez libre máximo de 40 miliequivalentes/kg.
2. Cenizas: contribuye para la identificación del origen de la miel.
3. Catalasa: enzima que cataliza la conversión de peróxido de hidrógeno a agua y oxígeno libre.
4. Distasa: es un indicador del grado de frescura, su actividad de esta es influida por el almacenamiento y calentamiento, por lo tanto, es considerada un indicador de la calidad y frescura de la miel.
5. Invertasa: es la enzima responsable de la conversión de sucrosa a fructosa y glucosa. Esta enzima es sensible al daño de la miel por calentamiento y almacenamiento, también es un indicador de la calidad de la miel.
6. Humedad: la calidad es afectada por procesos de fermentación, provocados por altos contenidos de humedad.
7. Prolina: es el aminoácido más abundante y es un indicador de la cantidad de adulterantes que contiene la miel.
8. Perfil de azúcares de la miel: Son los tipos de azúcar de la miel; a) Azúcares reductores, mínimo de 60 a 65 %, b) Sacarosa aparente, máximo del 5 al 10 %.

En términos generales, cualquier tipo de miel tiene propiedades nutraceúticas deseables, pero su composición puede variar por los factores ambientales, las fuentes vegetales de las cuales se deriva y de otros factores como los cambios de la temperatura, tiempo de almacenamiento y contenido de humedad (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características de la miel de Aguascalientes por fuente de néctar

Tipo de miel	Color	Rango	Humedad	Periodo
Miel de mezquite	Amarilla extra claro	8 mm.	17 %	enero-julio
Miel cremada del altiplano	Amarillo extra claro	17 mm.	17 %	octubre- diciembre

Fuente: Apiarios del Centro S.P.R. de R.L. de C.V., 2008.

Un menor porcentaje de agua, es considerado como un indicador de madurez y capacidad de permanecer estable durante el almacenamiento, debido a que contenidos de humedad superiores al 17%; aunado a factores como la presencia de microorganismos y levaduras y el mal manejo post-cosecha del producto, favorecen procesos fermentativos que ponen en riesgo la estabilidad de la miel, por estas razones el porcentaje de humedad no debe exceder el 20% (Codex-Alimentarius, 1981).

Cuadro 3. Características fisicoquímicas de la calidad de la miel

Características	Unidades	Parámetro permitido
Humedad	%	20,00 máximo
Azúcares reductores totales	%	60,00 mínimo
Sacarosa	%	5,00 máximo
Acidez libre	mEq/kg	50,00 máximo
Actividad de la diastasa	Unidades Schade	8,00 mínimo
Hidroximetilfurfural	Mg/kg	40,00 máximo
Sólidos insolubles en agua	%	0,01 máximo

Fuente: CODEX norma para la miel, CODEX STAN 12-1981.

Por otra parte, el contenido de acidez libre es una medida indirecta de la frescura de la miel, y expresa la acidez independientemente de los ácidos presentes (Cuadro 3). La miel contiene un número amplio de ácidos, en los que se incluyen aminoácidos (0,05 - 1%), ácidos orgánicos (0,57%) y

ácidos alifáticos, que le dan un pH ácido cuyo rango oscila de 3,4 a 6,1 (el promedio es 3,9 expresada en mEq/kg, el rango oscila de 8,68 a 59,49 mEq/kg y el promedio es de 29,12 mEq/kg); niveles de pH inferiores a los indicados, pueden deberse a que la miel permanece mayor tiempo en la colmena, no obstante, también puede incrementarse debido a las altas temperaturas durante el periodo de producción.

La importancia del pH de la miel radica, en que un pH bajo inhibe la presencia y crecimiento de microorganismos, y sus ácidos son componentes importantes en el sabor y aroma de las mieles monoflorales.

Principales productos derivados de la colmena

Miel. De acuerdo a la norma oficial del Codex alimentarius para la miel (Codex-Alimentarius, 1981); se entiende por miel, la sustancia producida por abejas obreras a partir del néctar de las flores, o de secreciones de partes vivas de las plantas, o de excreciones de insectos succionadores de plantas, que quedan sobre partes vivas de plantas, que las abejas recogen, transforman y combinan con sustancias específicas propias, almacenan y dejan en el panal para que madure y añeje. Es una solución sobresaturada de azúcares simples, donde predominan la fructosa y la glucosa, y en menor proporción, 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). Las características organolépticas y fisicoquímicas del producto, están asociadas con su origen geográfico y botánico.

Polen. Es el conjunto de granos producidos por los estambres de las flores, que sirve como fuente de alimento para la abeja; es rico en proteínas,

azúcares reductores, almidón y cenizas, se emplea fundamentalmente como complemento dietético.

Propóleo. Es una sustancia resinosa compuesta por bálsamos, aceites, cera y polen, es recogida de los árboles por las abejas, y lo usan en su colmena como sellador desinfectante. Es utilizado como medicina para problemas de vías respiratorias y suplemento dietético.

Jalea real. Las abejas la utilizan para alimentar a su reina, y para las larvas durante sus primeras 72 horas de vida, está compuesta principalmente por vitaminas y cenizas.

Cera. Proviene de la segregación de las glándulas situadas debajo del abdomen de las abejas. Sirve para formar la estructura básica de la colmena, en donde es recogida por el hombre. Es utilizada por la industria cosmética y farmacéutica, así como para la elaboración de artículos de tocador, abrillantadores y velas.

Núcleos de abejas. Poblaciones de abejas que se comercializan para poblar nuevas colmenas y acelerar su crecimiento.

La producción apícola en México

La práctica de la apicultura existía en México mucho antes de la colonización española. Se cultivaba la abeja nativa sin aguijón *Melipona beecheii* y se comercializaba su cera y miel. Alrededor de 1750, los españoles introdujeron la abeja europea con aguijón *Apis mellifera*, la que es más productiva que a la nativa, mejorando el desarrollo de la actividad (Ramírez, 1996).

El adelanto más destacado de la apicultura en México se observó a partir de 1950, cuando se dieron las primeras exportaciones de miel, dando inicio

la apicultura moderna y comercial. Algunas empresas importantes que surgieron en esta etapa fueron Miel Carlota, S.A. y Miel de Yucatán, S.A. (Ortega-Rivas & Ochoa-Bautista, 2004).

Algunos de los factores que contribuyeron al inicio de la etapa moderna en la apicultura, fueron los avances tecnológicos en el manejo de las abejas y la introducción de especies más dóciles y productivas, además del crecimiento del mercado internacional caracterizado por la alta demanda de miel en Estados Unidos y Europa (Ortega-Rivas & Ochoa-Bautista, 2004), desde la década de 1990 hasta el 2009, los principales importadores de miel han sido Alemania, Estados Unidos, Japón, Francia y Reino Unido (The Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database [FAOSTAT], 2013).

Los principales países exportadores de miel en el ámbito mundial, en orden de importancia son: China, Argentina, México, India, Vietnam, España y Alemania, produciendo en el 2010 alrededor de 103.700, 57.300, 26.500, 22.600, 22.500, 21.700 y 20.500 toneladas respectivamente. México se ha mantenido dentro de los cinco principales exportadores mundiales desde hace más de 20 años (FAOSTAT, 2013), y representa una de las tres actividades de exportación en el sector ganadería y apicultura más importantes, junto con la carne de cerdo y la de bovinos, con un incremento del 31,3 % de 2009 a 2010 (Banco de México [BANXICO], 2010).

Para el año 2010 la producción de miel mexicana fue de 55.684,12 toneladas, producidas con un inventario nacional de alrededor de 1.842.130,00 colmenas, representando un valor aproximado de \$1.725.901,00 (SIAP, 2013). Ese año el estado de Aguascalientes ocupó el lugar 28 a nivel nacional con una producción de 270 toneladas de miel con un valor aproximado de \$9.740.000,00 pesos, provenientes de un

CAPÍTULO 3. Caracterización de la producción de miel

inventario de 8.910 colmenas, aportando con esto el 0,48 % a la producción total del país (SIAP, 2013); (Cuadro 4).

Cuadro 4. Producción de miel en México 2010

Lugar	Estado	Ton/a	Valor/b	Inventario/c	%/d
1	YUCATAN	8.301,80	218.301,97	326.077	14,91
2	JALISCO	5.838,68	185.859,64	157.827	10,49
3	CAMPECHE	5.434,68	144.317,26	175.969	9,76
4	CHIAPAS	4.574,08	10.648,23	10.980	8,21
<u>28</u>	<u>AGUASCALIENTES</u>	<u>270,00</u>	<u>9.740,00</u>	<u>8.910</u>	<u>0,48</u>
32	BAJA CALIFORNIA	84,60	3.269,18	7.867	0,15
	TOTAL NACIONAL	55.684,12	1.725.901,41	1.842.130	100,00

/a. Volumen de producción en toneladas métricas.

/b. Valor de producción en miles de pesos del año 2010.

/c. Inventario de colmenas productivas.

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

Fuente: SIACON, 2013

El apicultor mexicano puede clasificarse en dos grandes grupos (Echazarreta-González, Arellano-Rodríguez, & Pech-Moo, 2002), el primero, al que pertenecen el 95 % de los productores, lo forman por campesinos de bajos recursos, en su mayoría indígenas, su tecnología es limitada y desarrollan su actividad en forma complementaria con otras labores como la agricultura, el segundo grupo, lo conforman apicultores medianos y empresarios plenamente integrados, quienes cuentan con tecnología de punta, siendo la apicultura su principal actividad económica.

Al igual que otras actividades agropecuarias, la apicultura sufre de descapitalización e insuficiencia de créditos y apoyos. El nivel de capacitación y tecnificación del apicultor promedio en México es bajo, se estima que solamente el 20 % de los productores se encuentra capacitado para desarrollar óptimamente su actividad, el 50 % cuenta con una capacitación parcial y el 30 % no ha recibido capacitación alguna

(Echazarreta-González et al., 2002). Esta situación limita la incorporación de técnicas y tecnologías, ocasionando que se desaprovechen floraciones, rendimientos de producción bajos, y que no se exploten otros productos derivados de la colmena que también generan beneficios económicos.

Normatividad

La apicultura en México está enfrentando un panorama de oportunidades y retos, los cuales proceden principalmente de los requerimientos del mercado nacional e internacional de la miel. Por este motivo y para estimular el comercio con la Unión Europea, la SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) implementó el Programa de Monitoreo y Control de Residuos Tóxicos en Miel, que opera a nivel nacional desde 1998 y ha permitido detectar sustancias contaminantes, para aplicar medidas correctivas y lograr una producción de miel inocua y de calidad, situación que ha contribuido a que México haya exportado en los últimos cinco años, un promedio de 25 mil toneladas de miel, manteniéndose como el tercer exportador del mundo (FAOSTAT, 2013).

Un factor primordial para lograr esta meta fue la implementación, difusión y seguimiento del Programa Nacional de Inocuidad y Calidad de la Miel mexicana, que promueve los siguientes protocolos para estandarizar la producción apícola; Buenas Prácticas de Producción y Buenas Prácticas de Manejo y Envasado de Miel, la SAGARPA ha promovido su aplicación en coordinación con los productores y comercializadores, junto con el programa de rastreabilidad, el cual permite evitar adulteraciones en la composición natural de la miel. Ambos programas tienen el objetivo, de brindar certidumbre en la comercialización del producto y ganar la confianza del mercado internacional.

En lo referente a organización de productores apícolas, la Unión Nacional de Apicultores (UNAPI), se transformó en 2005 para constituir la Organización Nacional de Apicultores (ONA) como organismo central de este sector productivo. Por otro lado, con el objetivo de poder acceder a economías de escala y a mejores precios de venta, otras figuras asociativas se han fortalecido recientemente entre ellas las cooperativas, las Sociedades de Solidaridad Social (SSS) y las Sociedades de Producción Rural (SPR) principalmente.

Para promover la organización de productores, la SAGARPA ha coordinado con los miembros de la cadena productiva apícola, la constitución del Comité Nacional Sistema Producto Apícola y sus Eslabones; así como los Comités Regionales y Estatales, los cuales, de acuerdo a la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, son los órganos de consulta para la planeación de políticas y estrategias para el desarrollo de la apicultura.

Para mantener vigentes los instrumentos normativos que regulan la sanidad, producción y comercialización de los productos de las abejas, o bien su complementación, en años recientes se han elaborado y modificado normas oficiales, normas de calidad y documentos de referencia como son los siguientes:

1. Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ZOO-1994, Campaña Nacional contra la Varroasis de las Abejas.
2. Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-002-ZOO-1994, Actividades técnicas y operativas aplicables al Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana.
3. Norma Mexicana NMX-F-036-NORMEX-2006, Alimentos - Miel - Especificaciones y Métodos de Prueba.

4. Norma Oficial Mexicana NOM-145-SCFI-2001, Información comercial - Etiquetado de miel en sus diferentes presentaciones.
5. Norma Mexicana NMX-FF-094-SCFI-2008, Productos alimenticios no Industrializados para Consumo Humano-Polen (pollinis)-Especificaciones.
6. Norma Mexicana NMX-F-606-NORMEX-2002, Determinación de derivados de azúcar de caña y/o jarabe de maíz con alto contenido en fructosa para verificar la autenticidad de la Miel de Abeja utilizando la Composición Isotópica del Carbono 13 ($\delta^{13}\text{CVPDB}$) en la miel y en su proteína (estándar interno) por Espectrometría de Masas de Isotopos Estables - Método de Prueba.
7. Manual de Buenas Prácticas de Manejo y Envasado de Miel.
8. Manual de Buenas Prácticas de Producción de Miel.

En lo que se refiere a sanidad apícola, las autoridades han hecho muestreos para detectar enfermedades de las abejas en la República Mexicana. A este respecto, se cuenta con la Campaña Nacional contra la Varroasis de las Abejas, y anualmente se realizan muestreos en todos los Estados del país, con el fin de monitorear los porcentajes de infestación presentes en las colmenas, y así poder tomar las medidas sanitarias necesarias, para mantener la producción y productividad de las colmenas.

Proceso productivo

Los esquemas bajo los cuales los apicultores llevan a cabo su actividad, se clasifican en tres niveles de tecnificación (Echazarreta-González et al., 2002):

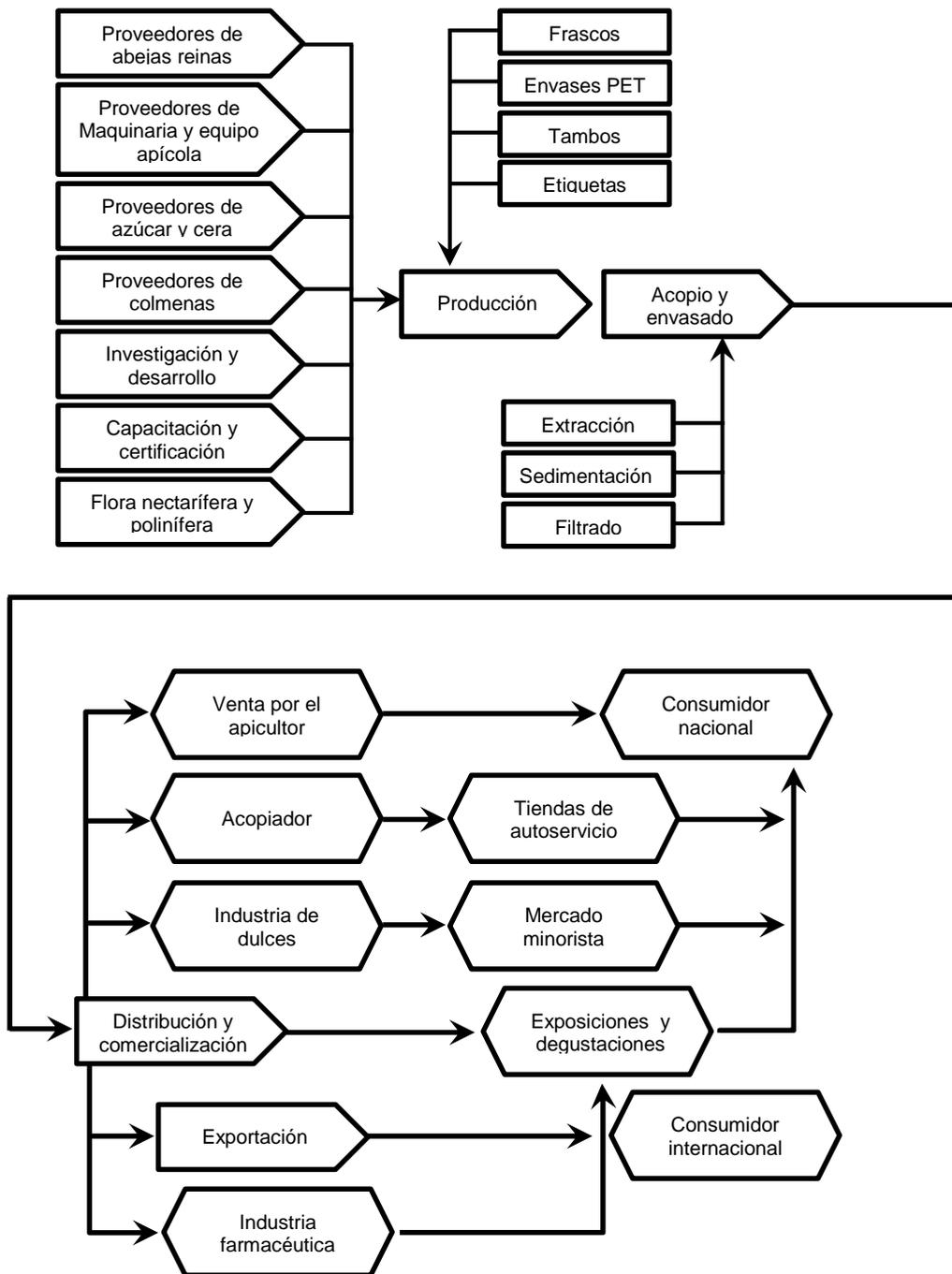
1. Tecnificado. Productores que incorporan adelantos tecnológicos y que generan tecnología propia, acorde con las características de su región.

Manejan una apicultura diversificada y practican la movilización de apiarios para buscar mejores floraciones.

2. Semitecnificado. Productores con diferentes grados de tecnificación, sus niveles de producción son menores y generalmente poseen entre 60 y 100 colmenas. En su mayoría comercializan su miel con los acopiadores que la exportan al extranjero, por lo que aunque carezcan de mucha tecnificación, son capaces de producir bajo los protocolos de inocuidad que dichos acopiadores solicitan. Se calcula que bajo este sistema se produce el 50 % del volumen nacional de miel, con promedios de producción por colmena en el orden de los 30 y 45 kg (Ortega-Rivas & Ochoa-Bautista, 2004).
3. Tradicional. Apicultores que poseen entre 10 y 60 colmenas, y practican la apicultura como una actividad complementaria a otras labores, por lo que comúnmente no incorporan mucha tecnología.

Estructura de la cadena productiva de la miel

La cadena productiva de la miel se estructura considerando las etapas de producción y a los actores que intervienen en cada una, bajo la óptica de garantía de calidad e inocuidad alimentaria, se describen a continuación las etapas productivas y de comercialización de la miel (Figura 1); producción primaria, producción secundaria y comercialización (Oyarzun, Figueroa, & Tartanac, 2005).



Fuente: Organización Nacional de Apicultores, 2007.

Figura 1. Mapa de la Cadena Apícola

CAPÍTULO 3. Caracterización de la producción de miel

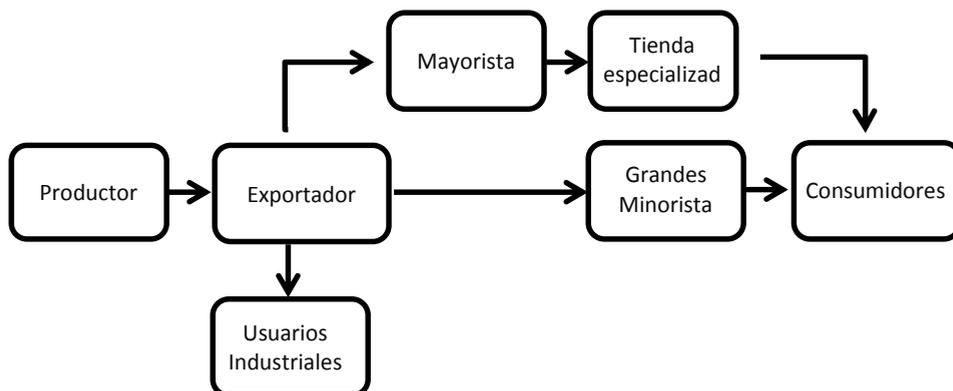
Producción primaria. Abarca las actividades y cuidados que el apicultor realiza en el apiario, con el objetivo de propiciar la producción de miel, como elección del genotipo de las abejas, ubicación del apiario, alimentación, estructura y manejo de la colmena y cosecha.

La mayoría de las diferencias en el manejo entre productores se da en esta etapa. Para garantizar la sustentabilidad del sistema productivo se debe considerar el espaciamiento entre apiarios, se recomienda 3 km a la redonda para contar con un área de pecoreo óptima (Jean-Prost, 2007).

Producción secundaria. Se refiere al adecuado procesamiento de la miel para extraerla, involucra las actividades de recepción, extracción, envasado y almacenamiento.

Comercialización. El producto final es destinado al mercado nacional y al de exportación; en el primero intervienen los acopiadores nacionales y los envasadores, a los que recurren los apicultores que no tienen la infraestructura para comercializar su producto localmente de manera formal (Figura 2).

En el mercado de exportación se encuentran los acopiadores, pueden ser empresas particulares o asociaciones conformadas para tal efecto, quienes posteriormente, de no tener la infraestructura necesaria, recurren a los exportadores, quienes homogenizan la miel de diferentes orígenes florales según los requerimientos del importador del país destino.



Trade structure and channels for honey, 2011.

Fuente: CBI Market Information Database.

Figura 2. Proceso de comercialización de la miel.

Infraestructura de acopio

Según la Coordinación General de Ganadería de la SAGARPA, México dispone de una importante infraestructura para el acopio de miel, con capacidad para el manejo de alrededor de 50.000 toneladas anuales. Desde el año 2010 su capacidad ocupada es de entre 20.000 y 30.000 toneladas anuales, la mayor parte de esta infraestructura se ubica en la Península de Yucatán, Veracruz, Morelos, Distrito Federal, Puebla, San Luis Potosí, Chiapas y Zacatecas.

Las empresas más destacadas en la producción, acopio y envasado de miel en México son: Miel Carlota (Grupo Herdez), Miel Abarca y Miel México, en el Distrito Federal; Tía Trini y Miel Oro, en Jalisco; Hermes Honey, en Chihuahua; Rucker de México, en Morelos; Oaxaca Miel, en Oaxaca; Mi Miel y Agroasociación Apícola, S.A. de C.V., en Yucatán; Miel Morelia, en Michoacán; Hansa Miel de México y Apiexport, en Veracruz;

Apiarios del Centro, en Aguascalientes; Miel Huachi y Miel Carlota, en San Luis Potosí, y Miel Vita Real, en el Estado de México.

Organización de productores

La apicultura mexicana está en manos de casi 41.000 apicultores, siendo las principales asociaciones del sector: Organización Nacional de Apicultores (ONA), compuesta por 167 Asociaciones Ganaderas especializadas en Apicultura con aproximadamente 13.000 agremiados; Asociación Nacional de Exportadores de Miel de Abeja (ANEMAAC), con 10 socios; Asociación Ganadera Nacional de Criadores de Abejas Reina y Núcleos, que albergan entre 40 y 50 socios; y la Asociación Nacional de Médicos Veterinarios Especialistas en Abejas, A. C. (ANMVEA) con aproximadamente 40 agremiados (ASERCA, 2011).

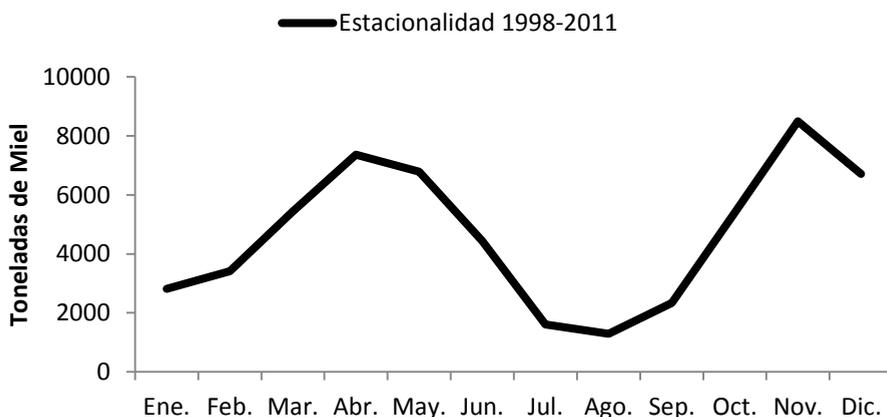
Por otra parte, el Consejo Regulador de la Miel de Abeja Mexicana, A. C., agrupa a productores, exportadores y envasadores de miel, su objetivo es el desarrollo de mecanismos y estrategias, para asegurar mediante procesos de certificación desde la cosecha hasta la comercialización final, que la miel de abeja mexicana se encuentre libre de adulteraciones y procesos que afecten la calidad del producto.

Las 8 sociedades cooperativas con mayor número de socios son: Miel y Cera de Campeche y Mielera de Champotón en el estado de Campeche, agremiando a 3.000 productores; en Yucatán existe la Cooperativa Sociedad de Solidaridad Social Apícola Maya con más de 4.000 agremiados y en el estado de Quintana Roo hay 5 Cooperativas con un total de 2.000 asociados.

Aunado a estos, existen grupos de Solidaridad Social, Grupo de Mujeres Apicultoras, Grupos Solidarios con la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas y apicultores independientes.

Estacionalidad de la producción

Las abejas producen miel a partir de las fuentes de néctar de la región, lo cual le confiere características muy peculiares de sabor, color y textura, sin embargo, la disponibilidad de la flora también es determinante en la buena nutrición de las abejas. Aunque la producción presente fluctuaciones, se pueden identificar dos temporadas de producción en el año (Figura 3).



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

Figura 3. Estacionalidad de la producción apícola

La producción de miel está supeditada a las condiciones del medio ambiente y a la consecuente disponibilidad de recursos naturales, como son el polen y el néctar de las flores, en la mayor parte del país la cosecha tiene lugar fundamentalmente en dos épocas del año. La primera, en 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 40% de la producción.

CAPÍTULO 3. Caracterización de la producción de miel

La segunda, se obtiene en el altiplano y norte del país durante el segundo semestre del año, entre los meses de septiembre y de noviembre (otoño-invierno), obteniendo aproximadamente el 60% restante de la producción del año. En el caso de la producción de miel en la Península de Yucatán, ésta se da durante los meses de diciembre a junio.

Regionalización de la producción

Debido a la diversidad de clima y flora, factores que determinan la composición de recursos apibotánicos.



Fuente: Coordinación General de Ganadería/SAGARPA.

Figura 4. Regionalización de la actividad apícola en México.

México se divide en cinco regiones apícolas específicas (Figura 4), las cuales se caracterizan por mostrar diferentes variedades de mieles, en cuanto a sus características de humedad, color, aroma y sabor, estas regiones están definidas como: norte, costa del Pacífico, golfo, altiplano y región sureste o península de Yucatán.

Región del norte. Caracterizada por que la miel que se produce proviene principalmente del árbol mezquite, la cual está clasificada como miel extra clara ámbar, cuya producción en su mayoría se destina a un mercado fuertemente demandante como es el de los EE.UU. El precio que reciben los productores por esta miel es uno de los mejor pagados a nivel nacional. Los estados que integran esta región son Baja California, Baja California Sur, Sonora, Chihuahua, Durango, Zacatecas, Coahuila, Nuevo León y parte del norte de Tamaulipas y altiplano de San Luis Potosí.

Región de la costa del Pacífico. Se caracteriza por producir mieles de origen multiflora, principalmente de acacia y mirasol y de mangle, siendo especialmente oscuras, aunque también se obtienen las de color ámbar y ámbar clara dependiendo de la fuente floral de la temporada. Forman parte de esta región los estados de Sinaloa, Nayarit, poniente de Jalisco y Michoacán, Colima, parte de Guerrero, Oaxaca y Chiapas.

Región del golfo. Esta región sobresale en particular por poseer una gran producción de miel de cítricos, miel ámbar clara producida principalmente a partir de la flor del naranjo, por sus cualidades aromáticas es una miel muy apreciada especial por el mercado japonés. También se obtienen mieles oscuras y claras, dependiendo de la temporada de cosecha. Esta región se compone por el estado de Veracruz y parte de los estados de Tabasco, Tamaulipas y la región Huasteca de San Luis Potosí, Hidalgo y Querétaro.

Región del Altiplano. Se distingue por tener mieles ámbar y ámbar clara, mostrando consistencia tipo mantequilla dado su origen floral, esta cualidad en su presentación ha tenido mucha aceptación por parte del mercado europeo. Su origen floral es el acahual, o lampote y la aceitilla, se produce principalmente durante los meses de octubre y noviembre. Esta región se compone de Tlaxcala, Puebla, Estado de México, Morelos, Distrito Federal, Guanajuato, Aguascalientes, la parte oriente de los

estados de Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas y parte poniente de Hidalgo y Querétaro, así como la región media de San Luis Potosí. Cabe aclarar, que para fines de clasificación de las zonas de producción apícola en México, en función del precio al que los productores de miel venden su producto, de la región del altiplano se desagrega la región Centro, la cual se conforma por los estados de Puebla, Querétaro, San Luis Potosí y Tlaxcala.

Región Sureste o Península de Yucatán. En volumen de producción de miel y por ubicar a la mayor parte de los apicultores del país, esta región destaca por su importancia económica en el sector apícola mexicano.

Está formada por los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo y parte de los estados de Chiapas (Noreste) y Tabasco (Oriente). La miel multiflora de esta zona, goza de gran prestigio al caracterizarse por tener su origen en floraciones únicas, como son la de Dzidzilche y de Tajonal, aunque tiene el inconveniente de contener una gran cantidad de humedad en la composición de la miel.

Un factor determinante en el precio es la fuente de néctar, esta se relaciona directamente con el lugar de origen del producto y sus características bromatológicas particulares. En general el origen de la miel se puede clasificar de acuerdo a su fuente de néctar en “monofloral” o “multifloral”. El precio de la miel es mayor cuando la fuente es monofloral, puesto que esto le confiere características de sabor, color, textura y temporalidad deseables y particulares.

Cuadro 5. Zonas productoras de miel según el precio de venta

Región del norte		Región del pacífico	
Estado	Precio/kg	Estado	Precio/kg
Baja California Sur	40,00	Colima	38,00
Baja California	40,00	Chiapas	38,00
Coahuila	42,00	Guerrero	38,00
Chihuahua	42,00	Michoacán	38,00
Durango	42,00	Oaxaca	38,00
Nuevo León	40,00	Nayarit	39,00
Sonora	42,00	Sinaloa	39,00
Zacatecas	42,00		
Región del altiplano		Región del centro	
Estado	Precio/kg	Estado	Precio/kg
Aguascalientes	39,00	Puebla	38,00
Distrito Federal	38,00	Querétaro	38,00
Guanajuato	39,00	San Luis Potosí	38,00
Hidalgo	38,00	Tlaxcala	38,00
Jalisco	38,00		
México	38,00		
Morelos	38,00		
Región del golfo		Región de la península de Yucatán	
Estado	Precio/kg	Estado	Precio/ kg
Tabasco	36,00	Campeche	34,00
Tamaulipas	38,00	Yucatán	34,00
Veracruz	35,00	Quintana Roo	34,00

Fuente: SAGARPA, 2012.

En el ámbito nacional, la miel de Aguascalientes es una de las mejor pagadas, como se aprecia en el Cuadro 5 a precios del 2012 en pesos mexicanos (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SAGARPA], 2012).

Sanidad apícola

En México la tecnificación de la apicultura ha permitido la movilización de colmenas, tanto dentro como fuera de cada estado, para el seguimiento de las floraciones y para la polinización de cultivos, lo cual ha favorecido la distribución de enfermedades bacterianas, fungales, parasitarias y virales, que afectan a las abejas y por ende a la producción e inocuidad de la miel.

Por esto, se continúa fomentando el uso de productos naturales y de baja residualidad con registro de la SAGARPA, a fin de evitar la contaminación de la miel y afectar el mercado de exportación, a esto se ha sumado el fomento y certificación de las buenas prácticas de producción apícola.

En octubre de 2007, se detectó el primer caso positivo de escarabajo de la colmena *Aethina tumida* M. en México. La detección se dio en la región norte de Coahuila. El último caso positivo fue durante noviembre de 2009, esta plaga sigue manteniendo el estatus de enfermedad exótica para México, gracias a las medidas preventivas y de control que han tomado las autoridades sanitarias.

La varroasis, causada por el ácaro *Varroa destructor*, es considerada la peor plaga de las abejas a nivel mundial, pues una vez que infecta un apiario, es capaz de ocasionar la pérdida de hasta el 80% del total de colmenas, y al igual que la abeja africana, no es posible su erradicación, solo su control. En México, se detectó en 1992 y actualmente se ha reportado en todas los Estados del país, por lo que a fin de evitar los daños que este parásito ha ocasionado en otros países, año con año, bajo los auspicios del gobierno federal, se lleva a cabo la campaña para el control de la varroasis de las abejas, para que los apiarios mantengan los niveles de este parásito apegados a la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ZOO-1994.

Tras los daños causados por la abeja africana en el sur del continente americano, con el fin de reducir su impacto negativo y proteger el valor social y económico de la apicultura en México, mediante un decreto presidencial se creó en 1984 el Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana. Las estrategias de este programa se han enfocado a la capacitación, la difusión de información para los productores y el público en general, la promoción al cambio de abejas reina para evitar la africanización de los apiarios, sustituyendo los genes africanos por europeos en las abejas de las colmenas, pues se ha encontrado que la producción de miel se relaciona con el genotipo (Silva, 2006). La Norma Oficial Mexicana NOM-002-ZOO-1994, actividades técnicas y operativas aplicables al programa nacional para el control de la abeja africana, sustenta las estrategias dirigidas a la prevención y control de esta raza de abeja.

Principales fuentes de néctar en Aguascalientes, México

Se denomina miel monofloral, cuando la miel puede ser atribuida a una determinada especie haciendo, un análisis polínico de la misma. Para que una miel pueda ser clasificada con esta característica, más del 50% de su composición debe de provenir de una misma fuente de néctar, condición que se cumple con la cosecha de miel de mezquite (*Prosopis laevigata*) en el primer semestre del año, en el caso de la miel cosechada el segundo semestre en el Estado de Aguascalientes, a pesar de estar compuesta por el néctar de varias fuentes, se identifica a la aceitilla (*Bidens spp.*), como la que aporta más del 50% de la composición del producto (Acosta-Castellanos, Quiroz-García, Arreguín-Sánchez, & Fernández-Nava, 2011).

Cosecha del primer semestre (primavera-verano)

El mezquite (*Prosopis laevigata*): La cosecha tiene lugar durante el primer trimestre del año, generalmente en los meses de abril y mayo (Anexo 1), produciendo una miel de un color amarillo claro, con aroma característico y sabor muy agradable, cristaliza rápidamente por su bajo contenido de humedad.

En México existen nueve especies de mezquite y la población de mezquite (*Prosopis spp*) ocupa cerca del 50% de la superficie de las zonas áridas y semiáridas de México, otros reportes indican una superficie de 3.555.500,00 ha., comúnmente en lugares áridos y semiáridos. En la parte del altiplano se distinguen tres regiones fisiográficas de distribución las cuales son: altiplano septentrional, altiplano central y altiplano meridional (Comisión Nacional de Zonas Áridas-Instituto Nacional de Ecología [CONAZA-INE], 1994). La variedad de mezquite *Prosopis laevigata*, es una de las más extendidas en la región central de la República Mexicana (donde se ubica Aguascalientes) y alcanza un rango de altura promedio de 2 a 7 metros (Maldonado, 1988).

En las zonas áridas, el mezquite es una fuente importante de néctar para la cosecha de primavera. Su presencia favorece el suelo pues es un excelente fijador de nitrógeno mejorando la fertilidad y actúa como indicador de profundidad del manto freático (freatofita), (Cervantes-Ramírez, 2002).

El mezquite proporciona néctar y polen. En Aguascalientes es la fuente principal de miel monofloral. El rendimiento de miel disminuye por condiciones climáticas adversas (granizadas, fuertes vientos y lluvia) o aumenta con lluvias invernales. La floración se presenta en los meses de extrema sequía de marzo a mayo; sin embargo, se presentan variaciones

dependiendo de la ubicación geográfica y de las condiciones climáticas. La producción de las vainas ocurre en los meses de junio a agosto y el rendimiento de miel por colmena varía entre 15 a 30 kg (Mata-Espinosa & Talavera-Magaña, 2008a).

En la India, el cultivo de mezquite ha demostrado producir en promedio 1 kg de miel de abeja al año, a partir del néctar de cada planta, para un total de 100 a 400 kg de miel por hectárea anual. Dependiendo de la especie, condiciones de suelo y humedad el mezquite empieza su producción a partir del cuarto año, estabilizándose en el décimo (CONAZA-INE, 1994).

Cosecha del segundo semestre (otoño-invierno)

Aceitilla (*Bidens spp*): Esta hierba produce una flor blanca, importante en el altiplano mexicano, por su abundancia y su producción de néctar durante el otoño en los meses de septiembre a noviembre. La miel obtenida es de un color amarillo claro, con cerca de 17% de humedad y alto grado de cristalización, características que la distinguen en el mercado como la “miel oro” y se le conoce también como miel cremada del altiplano.

Es una de las malezas más comunes en México, se presenta en las orillas de los caminos, parcelas y en áreas disturbadas incluyendo las agrícolas. El género *Bidens* tiene dificultades en su clasificación, lo cual resulta en plantas semejantes pero distintas genéticamente.

Para fines apícolas todas las variantes producen abundante polen y néctar, y se engloban a nivel de género. Su periodo de floración es del 15 de julio al 30 de octubre, con mayor floración del 15 de septiembre al 15 de octubre (Anexo 1). Su cosecha rinde en promedio de 20 a 30 kg de miel por colmena (Mata-Espinosa & Talavera-Magaña, 2007).

Lampote (*Simsia lagascaeformis*): Esta planta considerada como maleza produce una flor amarilla, crece junto con la aceitilla y el mezquite, es una planta melífera y polinífera. En México está presente en la selva baja caducifolia y en los matorrales xerófilos. También se encuentra en campos de cultivo, orillas de caminos y arroyos.

En Aguascalientes se encuentra principalmente en áreas agrícolas con malezas, pero además en la periferia de los predios y en la orilla de caminos. Aunque se encuentran plantas floreciendo desde el mes de septiembre, el período de floración intensiva se observa desde la segunda quincena de octubre hasta la segunda quincena de diciembre. La miel obtenida es de una coloración amarillo oro, que cuando se cristaliza tiene apariencia y textura de mantequilla (Mata-Espinosa & Talavera-Magaña, 2008b).

CAPÍTULO 4.

El análisis bioeconómico en la apicultura



Abeja pecoreando en flores de Aceitilla.

Para fundamentar, el impacto que tienen las variables climáticas sobre la fenología de las abejas y su consecuente impacto económico en la productividad de las colmenas; en este capítulo se aborda la forma en la que interactúan tanto estos insectos, como las fuentes de néctar, con el ambiente, debido a sus características fenológicas particulares, para posteriormente proponer la forma de conjuntar las variables propuestas, en una función de producción tipo Cobb-Douglas, que ilustre desde un enfoque bioeconómico, como la producción de miel se ve afectada por factores biológicos y económicos.

4.1. Las abejas y su interacción con el clima

Uno de los objetivos primordiales de las actividades económicas desarrolladas por los seres humanos, es la satisfacción de la necesidad básica de alimentación, y para ello recurre a la naturaleza, la cual, con su limitada pero gran variedad de recursos, provee de alimento a los seres vivos en función de su lugar en la cadena trófica y de su fenología particular, es decir, la estacionalidad de los eventos de sus ciclos vitales. La apropiada sincronización de dichos eventos, tales como el nacimiento, la propagación y la reproducción son la clave para la exitosa supervivencia individual, razón por la cual ha existido la presión constante a evolucionar, para adaptarse al ambiente de tal manera que se mejoren la aptitud y los rasgos que determinan la supervivencia (Iwasa & Levin, 1995; Jonzén, Hedenström, & Lundberg, 2007; Post, Forchhammer, Stenseth, & Callaghan, 2001).

La supervivencia a largo plazo de la agricultura alrededor del mundo, depende en gran parte de insectos polinizadores, debido a los servicios ecosistémicos que estos proporcionan, se ha demostrado que son

esenciales para la supervivencia humana, la necesidad de estos servicios proporciona un argumento poderoso para conservar la biodiversidad. Sin embargo, los fundamentos ecológicos y económicos de la mayoría de los servicios, son poco conocidos, lo que impide su conservación y manejo (Kremen, Williams, & Thorp, 2002; Williams, 1996, 2002).

Las abejas en particular proveen invaluable servicios a los ecosistemas, tales como la producción de miel y la polinización, pero hay evidencia de que están disminuyendo alrededor del mundo, y no se conoce la causa principal (Agricultural Research Service-United States Department of Agriculture [ARS-USDA], 2007, 2012), aunque poco se sabe sobre los efectos directos e indirectos del comportamiento del clima en este patrón, hay pruebas que indican que los cambios ambientales tienen una influencia directa en el desarrollo, comportamiento, fisiología y distribución de las abejas, así como sobre la evolución de su interacción con las enfermedades y otras especies de plantas y animales (Le-Conte & Navajas, 2008).

La abeja europea, *Apis mellifera*, es a nivel mundial la especie económicamente más valiosa tanto para polinizar los cultivos agrícolas, como para producir miel, esto las hace cruciales para mantener la biodiversidad (Allen-Wardell et al., 1998). En el contexto del cambio climático, la fenología de las plantas podría modificarse, especialmente en los periodos de floración, dando lugar a un nuevo equilibrio bioclimático y económico que dará forma tanto a los tipos y distribución de los cultivos agrícolas, como los de las malezas o vegetación espontánea (Thuiller, Lavorel, Araújo, Sykes, & Prentice, 2005), los cambios en el clima podrían desestabilizar las relaciones entre las flores y polinizadores, por lo que las abejas necesitarán ser protegidas, para asegurar que continúen con sus funciones de polinización y producción de derivados de la colmena, las

cuales son importantes tanto para fines económicos como para mantener el balance ecológico (Le-Conte & Navajas, 2008).

El comportamiento del clima está asociado con los cambios fenológicos de una amplia variedad de organismos, incluyendo plantas, aves e insectos, esto ha sido más evidente desde los últimos 50 años (Hegland et al., 2009; Parmesan, 2006; Parmesan & Yohe, 2003; Root et al., 2005; Root et al., 2003; Skelly & Freidenburg, 2010; Walther, 2010). Para entender el comportamiento de los polinizadores y en particular las abejas, especies que proporcionan importantes funciones ecológicas, es necesario analizar cómo responden ante los cambios climáticos. Por otro lado, muchos servicios ecosistémicos, como la polinización y la producción de miel, son el resultado de interacciones entre especies y dado que no todas ellas responden de la misma manera ante los cambios del clima, podrían ocurrir desajustes fenológicos (Harrington, Woiod, & Sparks, 1999; Miller-Rushing, Høye, Inouye, & Post, 2010; Miller-Rushing & Primack, 2008; Visser & Both, 2005; Walther, 2010), con consecuencias económicas lamentables.

La fenología es la ciencia que estudia la relación entre los factores climáticos y los ciclos de los seres vivos (Elias & Castellvi, 2001), por lo que es una importante herramienta para entender el comportamiento y productividad de las abejas, los principales polinizadores en la mayoría de los ecosistemas, los estudios acerca de los cambios fenológicos en las abejas asociados a los factores climáticos, demuestran que tales factores han sido determinantes de los cambios fenológicos ocurridos en estos productores de miel (Bartomeus et al., 2011b; Gordo & Sanz, 2006, 2010; Gordo, Sanz, & Lobo, 2010), y por lo tanto se podría asumir como consecuencia lógica, que también han sido responsables en gran medida de la productividad de este insecto. Asimismo, estos estudios demuestran

que la fenología de los insectos y en particular de las abejas, es un bioindicador con cierta precisión y sensibilidad de los cambios en el clima.

Por otro lado, para poder predecir los cambios fenológicos en la actividad de las abejas debido a los cambios climáticos y entender la direccionalidad y magnitud de ellos, a pesar de que se ha demostrado que tal relación existe, son necesarios más estudios debido a la mínima información disponible en este tema (Bartomeus et al., 2011b).

En contraste con los pocos estudios disponibles sobre la respuesta fenológica de las abejas ante las fluctuaciones del ambiente, existe una amplia bibliografía que reporta cambios fenológicos en las plantas por ese motivo (Fitter & Fitter, 2002; Gordo & Sanz, 2010; Grombone-Guaratini, Solferini, & Semir, 2004; Menzel et al., 2006), lo cual demuestra por un lado, la existencia de un cambio climático y por otro, 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.

Recientemente el estudio de la interacción de los seres vivos con el ambiente ha recibido gran atención, demostrado que ha habido un cambio considerable en los ciclos de desarrollo de una gran variedad de especies de plantas y animales como consecuencia de los cambios en los patrones de clima hasta ahora experimentados en el mundo (Abbott & Le Maitre, 2010; Gordo & Sanz, 2010; Parmesan & Yohe, 2003; Root et al., 2005; Root et al., 2003). Esto ha sido de gran importancia para demostrar a los responsables de desarrollar políticas públicas, sobre todo aquellas enfocadas al sector agropecuario, y a los agentes económicos en general, que los cambios reales en los ecosistemas ya han tenido lugar con su correspondiente impacto económico en el sistema de mercado de los seres humanos.

La fenología, que tuvo su origen como una rama de la historia natural y el estudio de como las especies reaccionan a los estímulos externos; ahora es un área importante de investigación de los impactos climáticos tanto en el aspecto biológico, como en el económico (Elias & Castellvi, 2001).

Existe un contraste entre la gran atención que se le ha otorgado al estudio de los cambios en los ciclos fenológicos, y la pobremente estudiada variabilidad espacial de tales cambios. Se necesita desarrollar un conocimiento mayor, tanto sobre la naturaleza de los patrones de variación espacial de la respuesta de las especies a los cambios en el ambiente, como de la búsqueda de los posibles mecanismos biológicos o ambientales, que determinan su evolución.

La asimetría entre el enfoque temporal y espacial de la investigación fenológica actual, puede generar limitaciones en dos sentidos; en la comprensión de los factores que controlan las respuestas de los seres vivos, y en la capacidad para hacer predicciones más precisas, sobre el impacto de los cambios del clima en la fenología de los organismos. Por lo tanto, un mejor conocimiento de los factores que regulan la variabilidad espacial de la fenología, es esencial para la plena comprensión de cómo y por qué, los patrones de comportamiento de los seres vivos cambian con el tiempo (Gordo & Sanz, 2010), con sus correspondientes consecuencias económicas dadas las modificaciones en sus ciclos de vida y por lo tanto, en sus ciclos productivos también.

Gordo y Sanz (2006) demostraron que abeja *Apis mellifera* y la mariposa blanca *Pieris rapae*; estudiando las diferencias observables en el calendario de emergencia de los insectos en primavera, manifestaron importantes alteraciones en su desarrollo fenológico dentro de la Península Ibérica, en función de las coordenadas geográficas en las que se desarrollaban. El objetivo de ese trabajo, fue determinar el aspecto

temporal de la fenología y de las variables espaciales empleadas, para explicar las posibles tendencias temporales en la Península Ibérica, dichos autores sugieren la existencia de una variabilidad espacial estructurada en las fechas de emergencia de *Apis mellifera* y *Pieris rapae*. Por lo tanto, estas especies fueron ideales para un amplio estudio sobre la variabilidad espacial de la fenología de los insectos.

Posteriormente Gordo *et al.*, (2010), con el objetivo de completar el cuadro temporal explorado en el estudio anterior mediante una mayor investigación de los patrones espaciales de las fechas de emergencia en primavera de la abeja *Apis mellifera* y de la mariposa *Pieris rapae* en España, realizaron un nuevo estudio centrado en los patrones y causas de la variabilidad fenológica, entre las localidades o zonas de estudio. Se descubrió que los patrones espaciales de las fechas de emergencia de la *Apis mellifera* y de la *Pieris rapae*, están fuertemente relacionados con los cambios ambientales, especialmente a aquellos correspondientes a la temperatura (Gordo et al., 2010). El fuerte efecto de la temperatura en la fenología de los insectos, ya había sido demostrado por la variabilidad interanual, de la fenología de los avistamientos primaverales de la misma especie en la misma zona (Gordo & Sanz, 2006).

Por lo tanto, la temperatura es el factor más importante en el comportamiento periódico de estos insectos (Dell, Sparks, & Dennis, 2005; Gordo & Sanz, 2006; Roy & Sparks, 2000; Sparks & Yates, 1997), además también ha sido el factor más importante, en la variabilidad de las respuestas fenológicas de un sitio a otro, demostrando la importancia de diferenciar regiones, según sus condiciones climáticas y geográficas particulares, para poder realizar modelos para entender y predecir el comportamiento de estos insectos, en particular de la abeja. Eran de esperarse estos fuertes efectos de la temperatura, ya que estos insectos

son poiquilotermos, es decir, son animales que no regulan su temperatura interna, por lo que sus niveles de actividad y desarrollo, así como sus ciclos vitales y productividad, están muy influenciados por la temperatura del ambiente.

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 que corresponderán con su entorno (Visser & Both, 2005), ya que las abejas reanudan sus actividades con una notable variabilidad espacial, lo cual debe de ser tomado en cuenta al emplear los servicios ecosistémicos de estos insectos, sobre todo la producción de derivados de la colmena como miel y polen, y la polinización de los cultivos de entomófilas, en este caso se requiere de una correcta selección de las especies de plantas, o de las variedades con características fenológicas adecuadas, para asegurar la fertilización de las flores por esta especie de polinizadores y un óptimo rendimiento de los cultivos.

Así como se ha demostrado que los factores climáticos son determinantes en el desarrollo de plantas y animales, también se ha concluido en diversos trabajos que la abeja *Apis mellifera*, al ofrecer sus servicios ecosistémicos, como en el caso de la polinización de árboles frutales y la recolección de néctar, su actividad ha estado determinada por factores climáticos tales como, la temperatura ambiental, la radiación solar, la humedad y la velocidad del viento (Omoloye & Akinsola, 2006; Vicens & Bosch, 2000), estas variables climáticas, al determinar la fenología de las abejas polinizadoras, también fueron determinantes en la productividad de los árboles frutales, demostrando la existencia de la interacción fenológica entre los recursos apibotánicos; fuentes de néctar y polen, con sus polinizadores y las condiciones climáticas que los rigen.

La metodología de análisis que se ha empleado en mayor medida dada su capacidad de mostrar como una variable a analizar reacciona en respuesta a los cambios de muchas otras que influyen sobre ella, es la regresión lineal múltiple por MCO, ya que en este sentido permite conocer como las variables climáticas en adición con las correspondientes a la naturaleza particular de la especie que se esté estudiando, sea animal o vegetal, determinan diversas respuestas fenológicas, como sus fechas de emergencia o de mayor actividad (Bartomeus et al., 2011b; 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) e incluso su nivel de interacción con otras especies (Gordo & Sanz, 2010; Gordo et al., 2010).

Ante la necesidad de seguir contando con los servicios de polinización y producción de miel que proveen las abejas, se enfrenta el hecho de que están disminuyendo alrededor del mundo debido al problema de colapso de colonias (o, Colony Collapse Disorder; CCD, por sus siglas en inglés), y se sabe muy poco tanto de sus causas, como de los efectos directos e indirectos del clima en este fenómeno (ARS-USDA, 2012). Con el fin de averiguar cuál es la relación entre la producción de miel y el clima, Delgado *et al.*, (2007) analizaron el comportamiento de la producción de miel en Puerto Rico de 1998 a 2005 en conjunto con datos de temperatura, precipitación y elevación mediante un sistema de información geográfica (GIS), para modelar patrones de cosecha de miel en función del clima, concluyendo que la industria de la miel podría verse afectada por cambios en el clima, sugiriendo la necesidad de estudios más detallados para conocer el impacto con mayor precisión.

Con base en la comprobada respuesta fenológica de las abejas ante los cambios del clima (Delgado, Galindo-Cardona, & Restrepo, 2007), es evidente también que en función de tales variaciones en el ambiente, el desempeño de actividades tales como la polinización y la recolección de miel se verán afectadas, en los estudios realizados en este ámbito, la principal dificultad ha sido la carencia de registros suficientes de los rendimientos de miel por colmena, en zonas productoras específicas para conocer cómo interactúan las abejas, con las condiciones del ambiente como lo llevó a cabo Gordo *et al.*, (2010), quien mediante un análisis de regresión lineal múltiple, logró demostrar los cambios fenológicos de las abejas, debido a las variaciones del clima en zonas geográficas definidas, pero ante la necesidad de conocer el impacto económico de la respuesta fenológica de las abejas, respecto a su productividad, se están comenzando a realizar esfuerzos a pesar de la dificultad de contar con series de tiempo de producción por colmena detalladas.

Ante la necesidad de conocer la aportación de las abejas a los ecosistemas, se ha destacado su aportación económica reflejada en el incremento del rendimiento en las cosechas debido a la polinización de cultivos como el algodón (Rhodes, 2002), y frutales como los cítricos (Sanford, 1992), las manzanas (Somerville, 1999), los arándanos (Danka & Beaman, 2007; Wenslaff & Lyrene, 2001) y las almendras (Danka, Sylvester, & Boykin, 2006), respecto a este último, se han diseñado modelos bioeconómicos de optimización, para determinar el beneficio económico de los servicios de polinización proporcionados por las abejas a los cultivos de almendra (Champetier, Sumner, & Wilen, 2010, 2012).

Bajo la idea de que las abejas pueden ser demasiado escasas para polinizar los cultivos agrícolas después de que en el año 2007 se acuñara el término “Colony Collapse Disorder” (CCD), bajo el contexto de este

problema (ARS-USDA, 2007), Champetier (2012) presentó un modelo bioeconómico de la apicultura, que integra los impactos de los factores económicos y biológicos con el fin de explicar mejor la dinámica de la población de abejas, no de la producción de miel, construyendo un modelo económico para un apicultor, sobre la maximización de un flujo de ingresos de la miel y la polinización, limitada por una función de producción de población de abejas.

4.2. Las fuentes de néctar y su interacción con el clima

En Aguascalientes la temporada de cosecha de miel del segundo semestre es multifloral, y abarca todo el mes de octubre y se extiende hasta el mes de noviembre, las fuentes de néctar que la abastecen son en primer lugar la *Bidens spp.* (Aceitilla), la cual germina a partir del mes de agosto y comienza a producir néctar desde el mes de septiembre, llegando a su máximo punto de productividad de miel en el mes de octubre, llega a proveer más del 60% de la composición de la miel, característica que para ciertos mercados de exportación, le da la cualidad de ser monofloral, en segundo lugar con un periodo de floración que abarca los meses de octubre y noviembre, se encuentra la *Simsia lagascaeformis* (Lampote), la cual junto con la primera son consideradas como los recursos apibotánicos más característicos del altiplano mexicano (Mata-Espinosa & Talavera-Magaña, 2007, 2008b; SAGARPA, 2006) y del estado de Aguascalientes en particular, estas dos plantas componen más de 80% de la producción de miel, el resto corresponde a plantas de menor proliferación y producción de néctar (Anexo I).

La composición de especies vegetales de la región de estudio, es el resultado de procesos que operan a distintas escalas espaciales y temporales. Las especies que conviven en una comunidad, perciben una serie de factores ambientales que condicionan el período del año, para la

germinación y emergencia que maximiza el establecimiento y supervivencia de los individuos. Así como la productividad de las abejas está subordinada en gran medida los factores climáticos (Delgado et al., 2007; Dell et al., 2005; Gordo & Sanz, 2006; Gordo et al., 2010; Omoloye & Akinsola, 2006; Roy & Sparks, 2000; Sparks & Yates, 1997; Vicens & Bosch, 2000), los periodos de floración de las fuentes de néctar, de donde las abejas pecorean para la cosecha del segundo semestre, las cuales, en su mayoría corresponden a la familia *Asteraceae*, también están notablemente regidos por dichos elementos (Karlsson, Tamado, & Milberg, 2008).

Se ha estudiado como la temperatura y la luz afectan la germinación de las semillas de angiospermas, género que abarca a un espectro amplio de asteráceas como la *Bidens spp.*, la *Simsia lagascaeformis* y la *Simsia eurylepis*, las cuales proveen la mayor parte del néctar de la segunda cosecha en Aguascalientes; se ha observado que la temperatura ha sido el principal factor regulador de su proceso de germinación (Funes, Díaz, & Venier, 2009). Los patrones observados apoyan la idea, de que la germinación se asocia con las temperaturas del momento del año en el que se concentran las precipitaciones, y que en estos sistemas de precipitación fuertemente estacional, la luz no sería un factor determinante en el proceso de germinación (Funes et al., 2009; Vibrans, 1995).

En adición a lo anterior, se ha observado que la composición de la comunidad de polinizadores de angiospermas como la *Bidens spp.*, cambia durante el año y entre sitios con condiciones climáticas diferentes, donde himenópteros, como las abejas, y lepidópteros, como las mariposas, son los visitantes más asiduos de estas especies, la atracción de insectos por parte de ellas podría ser benéfica para los cultivos agrícolas, y

también tendría importantes implicaciones para la biología de la conservación (Grombone-Guaratini et al., 2004).

Estos hechos corroboran las conclusiones a las que llegó Gordo *et al.* (2010), quien buscando los mecanismos ambientales que subyacen a la variabilidad fenológica observable de las abejas, relacionó datos fenológicos con las variables explicativas; espacio, clima, topografía, uso del suelo, y la productividad de la vegetación, por medio de modelos de regresión múltiple, encontrando que las diferencias espaciales de temperatura y de altitud, representan la mayor parte de la variabilidad en la fenología de las abejas, mientras que la productividad de la vegetación y el uso del suelo, tuvieron poca pero importante relevancia en sus resultados.

La producción de derivados de la colmena que brindan las abejas, es un servicio ecosistémico con un alto valor económico. Sin embargo, las abejas tanto silvestres como domesticadas se ven amenazadas por varios factores antropogénicos, tales como cambios en las prácticas agrícolas, las pérdidas de pastizales, urbanización y la propagación de agentes patógenos. Estos factores han llevado tanto a la extinción de muchas abejas nativas, como a una reducción en el número de colonias de abejas domesticadas, al poner las bases nutricionales para estos insectos en situación de riesgo.

La exposición crónica a los insecticidas, incluso cuando se utilizan adecuadamente, pueden afectar el comportamiento de pecoreo o forrajeo de las abejas, que a su vez debilita a la colonia y la hace más susceptible a las enfermedades. Las abejas sufren de parásitos como el ácaro varroa, y de varios patógenos virales y bacterianos, que deben ser controlados con grandes esfuerzos. Los cambios climáticos representan amenazas, que probablemente tendrán un impacto tanto en las poblaciones de abejas nativas, como en las prácticas apícolas (Grünewald, 2010).

Debido a esto se requieren acciones coordinadas para evitar la pérdida global de grandes poblaciones de estos polinizadores, especialmente en lo referente al mantenimiento de plantas de características apibotánicas, así como la investigación básica sobre las causas de las pérdidas de colonias de abejas. En conjunto, la política, la ciencia y la economía deben conjuntarse en un interés común, por la conservación del servicio de polinización que las abejas proporcionan.

Las evidencias encontradas por estudios de seguimiento a largo plazo sobre el cambio climático, sugieren que el clima de las últimas décadas es anómalo en comparación con la variación del clima en el pasado, y se ha observado que las recientes tendencias climáticas y atmosféricas ya están afectando a la fisiología de diversas especies, su distribución y fenología, esto se ha reflejado en algunas especies de plantas usadas para la producción de miel, en las que se han observado cambios en sus fechas de floración y en su distribución (Clark & Thompson, 2010; Hughes, 2000; Miller-Rushing et al., 2010; Miller-Rushing & Primack, 2008). Por este motivo se justifica desarrollar proyectos de investigación para descubrir como los factores climáticos inciden sobre la producción de miel, ya que una vez que el apicultor ha realizado todas las labores culturales necesarias para que las abejas vivan, trabajen y produzcan acorde con los estándares de calidad e inocuidad, la productividad de las abejas estará determinada en gran medida por las condiciones climáticas de cada ecosistema.

4.3. La función de producción como modelo bioeconómico

Los procesos biológicos son dinámicos por definición; los valores que toman sus variables de estudio e incluso los parámetros que describen la interacción de tales variables, pueden cambiar con el tiempo, a menudo de forma interactiva. Los resultados no son fácilmente predecibles,

especialmente si las variables interactúan de forma no lineal, difícilmente capturadas por los coeficientes de un modelo estático. Un modelo bioeconómico, debe capturar lo más posible la naturaleza dinámica de los procesos biológicos implicados, tomando en cuenta los efectos dinámicos de retroalimentación entre las decisiones humanas, los procesos biológicos, y la gama de posibilidades disponibles para las decisiones futuras. Los procesos biológicos claves que participan, no sólo se refieren al crecimiento de plantas y animales, a las características físicas del suelo y sus flujos y balances de nutrientes, sino también a la forma en que responden al entorno físico y a la actividad humana.

Se entiende por modelo bioeconómico al análisis, en términos de una función de producción, con el objetivo de determinar el rendimiento de un recurso específico en función de factores de carácter biológico como son el suelo, el clima, características específicas de un ecosistema en particular, etc. (Brown, 2000).

Un modelo bioeconómico integrado, tiene el objetivo de capturar la interacción entre los procesos biofísicos, agroecológicos y socioeconómicos (Ruben, Kuyvenhoven, & Kruseman, 1998), ya sea a un nivel de agregación desde la unidad de producción o hasta la región (Brown, 2000). Es decir, un modelo bioeconómico puede definirse como tal, desde que su diseño tiene el propósito de modelar decisiones basadas en la interacción entre los recursos biológicos, como el suelo y lo que se produce en él, con el clima y su consecuente impacto ya sea positivo o negativo, en la producción con sus subsecuentes implicaciones económicas en la cadena de valor.

El suelo es el factor de producción primario, por lo que es evidente que el proceso productivo y la generación de riqueza parten del territorio. En el análisis de dicho territorio destaca la tensión entre las ciudades y el campo.

Años atrás, las ciudades estaban al servicio del campo, pero actualmente es el campo el que está al servicio de las ciudades. Las condiciones de ordenamiento territorial dependen del ritmo que imponen las ciudades quienes en su avance de aglomeración urbana someten a sus reglas al sector agrícola, y las implicaciones sobre el medio ambiente, el clima, la extensión de los diversos cultivos, etc., son evidentes. Desde este enfoque, tópicos como la seguridad alimentaria y sus implicaciones económicas, deben mirarse a la luz del impacto que tienen en el modo de producción agrícola.

La función de producción que se ha adoptado con mayor frecuencia en la teoría económica, desde la segunda mitad del siglo XX, sigue los lineamientos de Cobb y Douglas, la cual tiene un enfoque neoclásico dado su perspectiva encaminada al análisis marginalista. La función de Cobb y Douglas se convirtió en el punto de referencia del análisis de la producción. Dicha función supone rendimientos decrecientes de cada factor, y rendimientos constantes del conjunto de factores. Aunque Cobb y Douglas fueron conscientes de las limitaciones intrínsecas de su formulación matemática, la función se ha impuesto como la forma predominante de interpretación de los procesos productivos.

Aunque en los años treinta y cuarenta se propusieron otros puntos de vista de la empresa y de la producción, como los enfoques de Hayek, 1934; Coase, 1937 y Simon en 1945, que son diametralmente opuestos a los de Cobb y Douglas, ya que Hayek insiste en la relevancia del tiempo, Coase en que la naturaleza de la empresa es radicalmente distinta a la del mercado, y Simon pone en evidencia las relaciones jerárquicas que se presentan al interior de la empresa, la formulación de Cobb y Douglas es la que ha predominado (Coase, 1937; González et al., 2010; Simon, 1947; Von-Hayek, 1934).

En la lógica sencilla de Cobb y Douglas, no hay espacio ni tiempo y el producto depende de la relación entre máquinas y personas. Esta apreciación del proceso productivo se contrapone con la de los autores anteriormente mencionados, quienes buscaron la explicación del producto en la interacción entre el suelo y las personas. Para ellos la fabricación de máquinas y bienes no puede concebirse por fuera del territorio. Estas dos apreciaciones tienen importantes implicaciones. Cuando el problema se reduce a máquinas y personas, quedan por fuera las discusiones relevantes que nacen de los cambios del clima, y obviamente, cambia la interpretación de la política pública, y de aspectos más específicos como la pobreza.

La relación factorial (K/T) que es la forma como interactúan el capital conformado por las máquinas (K) y los trabajadores (T), está íntimamente vinculada a la forma como se distribuyen las personas en el territorio. Los niveles de ingreso, la tasa de ocupación y de desempleo dependen de las condiciones de la aglomeración. Si en un sitio específico hay más personas ocupadas e igual capital, la relación K/T cae y ello se refleja en la distribución factorial del ingreso.

Es interesante advertir que al terminar su artículo, Cobb y Douglas expresan su insatisfacción por haber dejado por fuera de la función de producción el tercer factor; los recursos naturales, si tal factor se incluyera, según los autores, podría haber cambios sustantivos en las conclusiones y tendrían que replantearse la relación entre las máquinas, el trabajo y el producto (Cobb & Douglas, 1928). Por lo tanto para comprender los impactos que tiene el cambio climático sobre la actividad económica (producción, empleo, ingresos, etc.), es necesario modificar el punto de partida del análisis comenzando por la función de producción.

Ante la necesidad de evaluar los posibles efectos económicos de los cambios en el clima sobre las actividades agropecuarias, se han desarrollado modelos de producción agrícola para describir la sensibilidad o respuesta marginal de la producción con respecto a eventos específicos del clima (Castro, 2009; Cruz & Llinas, 2010), donde se parte de la función de producción Cobb-Douglas para estimar dicha sensibilidad de la productividad con respecto a cambios en el clima, realizando ciertas modificaciones para que tal función, se transforme en un modelo bioeconómico.

El modelo de Cobb-Douglas es ampliamente aceptado, sin embargo hay que realizar modificaciones al modelo original o clásico para que se ajuste a los propósitos de un análisis bioeconómico. El modelo tradicional mide la producción (output) como una función de las variables de entrada (inputs) como lo son el capital (K) y el trabajo (L), las variables exógenas como el clima, son asumidas normalmente como constantes *ceteris paribus* o relegadas como ruido blanco.

El modelo propuesto por Cruz y Llinas (2010), evalúa la producción de las cosechas, con base en la relación entre los factores externos del clima; lluvia y calor, dejando constantes los factores input correspondientes a capital y trabajo. De esta forma, el modelo modificado permite medir los efectos marginales de la pluviosidad y del calor sobre la producción, así como la productividad marginal del clima.

En la aplicación de este tipo de modelo para estimar la producción, se ha encontrado que las variables climáticas implicadas, como lluvia y temperatura, muestran significancia estadística sobre la productividad, aunque sus coeficientes de correlación pueden resultar relativamente bajos, alrededor de 0,32. Sin embargo, varios autores señalan que este resultado es de esperarse (Cruz & Llinas, 2010; Turvey, 1999, 2001), ya

que los inputs directos como como capital y trabajo al asumirse como constantes desde un inicio y por la construcción del modelo, los eventos específicos fueron solo lluvia y temperatura, en un periodo de tiempo definido, por lo tanto se infiere que mantener constantes los factores capital y trabajo, que comúnmente son los que conforman la función de producción, implica un bajo coeficiente de determinación; alrededor de 0,3, sin dejar por eso de ser significativo en el análisis del fenómeno.

Mediante el diseño de funciones de producción bioeconómicas se ha demostrado que las condiciones climáticas de la temporada de cultivo afectan el crecimiento y cosecha de granos como el maíz, la soya y el trigo causando variaciones en los rendimientos. Comprender los efectos del clima sobre la cosecha ha sido un esfuerzo continuo, encaminado a mejorar la tecnología agrícola y el manejo técnico, para minimizar el impacto negativo de los cambios del clima e incrementar las ganancias (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).

Diversos estudios han examinado los efectos del clima sobre las cosechas de granos, sin embargo muchos de esos estudios enfocados en la cosecha de maíz, usaron registros de cosecha y clima que fueron menores a 10 años y para diferentes años y localidades (Coelho & Dale, 1980; Smith, 1904, 1914). Aunque tales estudios carecían de homogeneidad espacial y temporal, mostraron que las cosechas fueron sensibles al clima, específicamente a la lluvia y a la temperatura, lo que fue corroborado más tarde mediante el análisis de la cosecha en una zona determinada en un número de años mayor (Hu & Buyanovsky, 2003).

Se ha empleado el método de regresión lineal múltiple mediante la técnica de mínimos cuadrados ordinarios (MCO), para el diseño de modelos bioeconómicos con el propósito de determinar la relación entre los factores climáticos, el manejo técnico y la cosecha de granos. Tales modelos fueron desarrollados, para cuantificar el efecto de las variaciones estacionales de las condiciones climáticas, que corresponden a los estados fenológicos de desarrollo, y a las prácticas de manejo anual sobre la cosecha (Bauder & Randall, 1982; Kaul, 2007; Seo et al., 2005).

Tales modelos han sido aplicados también a cultivos como el trigo, la soya, el algodón y el arroz, mostrando también su sensibilidad a las condiciones climáticas mencionadas (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). En general, mediante las adaptaciones realizadas a la función de producción neoclásica, los resultados de estos estudios han mostrado que una mayor temperatura y variabilidad de lluvias, puede ocasionar que la humedad del suelo varíe, y al presentar el suelo un mayor déficit de humedad el rendimiento de la cosecha se reduce.

Otro enfoque para evaluar el impacto de la variabilidad en los cultivos, ha sido el uso de pruebas de corte transversal. Mediante el uso de información detallada del clima y del rendimiento de las cosechas a nivel estatal, ha sido posible examinar cómo año con año y región a región, las variaciones del clima han alterado el rendimiento de los cultivos al evaluar el sector agrícola, arrojando resultados en términos de elasticidades, es decir, estimando cómo el cambio del 1% en una variable climática, afecta el rendimiento medio de las cosechas, tales resultados se obtuvieron empleando en la ecuación estimada, una forma funcional multiplicativa, mejor conocida como la mencionada función de producción tipo Cobb-

Douglas, la cual ha permitido analizar con mayor claridad en términos de elasticidades, los cambios en el rendimiento de la cosecha respecto a los cambios en el clima que un modelo lineal.

Bajo este enfoque se han analizado cultivos como maíz, algodón, sorgo, soya y trigo, los cuales en términos generales y con sus respectivas variaciones dependiendo del tipo de cultivo y sus condiciones fenológica particulares, mostraron que aumentos en la cantidad de lluvia provocan el incremento del rendimiento de la cosecha, por otro lado la temperatura mostró efectos inversos sobre la producción (Chen et al., 2004).

Diversos autores señalan que estos resultados podrían ser considerados para el diseño y sobretodo justificación, de futuros programas de seguros para las cosechas, con el fin proteger a los agricultores contra los imprevistos producto de los cambios en las condiciones climáticas, al mismo tiempo que ofrecen los incentivos deseados, para adaptarse ante la posibilidad de cambiar ya sea de tipo de cultivo o de tecnología (Castro, 2009; Cruz & Llinas, 2010; Chen et al., 2004; Turvey, 1999, 2001).

De igual manera, el diseño de este tipo de funciones de producción se ha aplicado a modelos de optimización económica para sistemas agroecológicos con características biofísicas, en donde el diseño de la función de producción específica para el cultivo o especie a explotar es indispensable para los procesos de optimización de una función objetivo en la que, por ejemplo, se planteen diferentes alternativas de inversión (Brown, 2000; Champetier et al., 2012; Reyes et al., 2009).

Estos resultados tienen importantes implicaciones en el desarrollo de políticas económicas. Si hasta cierto punto, los cambios climáticos en el futuro se pueden predecir, respecto al aumento o disminución en la magnitud de las variables climáticas implicadas, se podrían derivar

estrategias de acción ante los impactos diferenciados tanto en los cultivos, como en las otras especies de plantas que conviven en su entorno, tales como las malezas que son fuente de néctar para la producción de miel, esto también en función de las características fenológicas de cada especie a cultivar, lo cual determina en gran medida, la forma en la que reaccionarán ante los cambios de carácter climático. Al tener la capacidad de inferir con cierto grado de certeza el rendimiento de las cosechas, se podría derivar una guía de los impactos económicos potenciales del clima, a partir de los resultados de este tipo de estudios.

Si las investigaciones mediante la aplicación de modelos bioeconómicos continúan, para confirmar que la tecnología ha mejorado el rendimiento, al mismo tiempo que la intensificación de los ciclos de auge y crisis, puede ser posible formular respuestas tecnológicas al problema del impacto del clima sobre los rendimientos de las cosechas, mientras que al mismo tiempo se alivia parte de la carga que existe sobre los contribuyentes, cuando un país tiene que proveer paquetes de ayuda para desastres ante siniestros en los cultivos debidos a condiciones meteorológicas (Reilly, Graham, & Hrubovcak, 2001).

La función de producción tipo Cobb Douglas

Las funciones de producción establecen básicamente, relaciones entre combinaciones de ciertos insumos relevantes con la producción generada por éstos. Existen tres clases de métodos para encontrar el tipo de relación existente entre las variables utilizadas en la función de producción: a) método de series de tiempo, b) corte transversal o datos atemporales, c) por experimentación controlada.

El primer método está basado en un análisis estadístico de datos en el tiempo, para varios insumos utilizados, y la producción generada en cada

una de las observaciones del periodo de tiempo bajo estudio. El segundo método mencionado es un análisis estadístico que relaciona las variables tomando observaciones en un momento definido del tiempo. El último método puede ser utilizado para observaciones temporales o atemporales, con la diferencia de que la información se obtiene mediante experimentos sujetos a control. Por lo mismo, el método de experimentación controlada, es el único en el cual se cumple el supuesto de modelo de regresión lineal, que considera a variables independientes como no estocásticas.

De manera general, la función de producción es un modelo que se utiliza para analizar, la relación entre los insumos empleados en un proceso productivo y el producto final, además describe la tasa a la cual los recursos son transformados en un producto, lo cual puede ser descrito de la siguiente manera:

$$Y = F(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n) \quad [4.1]$$

Dónde:

Y = Es el producto.

X_i = Los diferentes insumos considerados. Con $i = 1, 2, \dots, n$.

Se supone además, que la función es continua y univoca, cuya primera y segunda derivadas existen y también son continuas.

El modelo de Cobb-Douglas, para la determinación de la función de producción, fue definido por Cobb y Douglas en 1928 (Cobb & Douglas, 1928), corresponde a uno de los modelos para la determinación de las funciones de producción más utilizados. Su forma general puede ser expresada como:

$$Y = A \prod_{i=1}^{i=n} V_i^{\alpha_i} \quad [4.2]$$

Donde, Y es la cantidad del bien o producto obtenido (output), A es el denominado parámetro constante de eficiencia (constante multiplicativa), es un valor que viene determinado parcialmente por las unidades de medida de las variables consideradas (Y , V_i) y parcialmente por la eficiencia del proceso de producción, α_i son los parámetros de elasticidad y V_i las cantidades de los factores productivos empleados.

La transformación de esta función se realiza por medio de la obtención de los logaritmos neperianos de la función original. De manera que, la función original:

$$Y_i = e^{\alpha} \cdot X_1^{\beta_1} \cdot X_2^{\beta_2} \dots X_i^{\beta_i} \cdot e^{-u_i} \quad [4.3]$$

Dónde:

Y = Es el producto.

X_i = Los diferentes insumos considerados. Con $i = 1, 2, \dots, n$.

e^{α} = Es un valor que también se representa como A ó β_0 y que viene determinado parcialmente por las unidades de medida de las variables consideradas (Y , X_1 , X_2, \dots , X_n) y parcialmente por la eficiencia del proceso de producción.

β_i = Son los parámetros que representan el cambio porcentual en la producción al variar en 1% la cantidad del insumo correspondiente empleado. Con $i = 1, 2, \dots, n$.

$e^{-u_i} = \text{Error.}$

Se transforma a:

$$\ln Y_i = \alpha + \beta_1 \ln X_1 + \beta_2 \ln X_2 + \dots + \beta_i \ln X_i + u_i \quad [4.4]$$

Esta linealización mediante la aplicación de logaritmos neperianos, es necesaria para la estimación del modelo por MCO, ya que es necesario partir de una función lineal en los parámetros, en donde las β 's corresponden a las elasticidades entre la variable dependiente, producción, con las variables explicativas.

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 si $(\beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n) = 1$, 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 ocurre que $(\beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n) < 1$, a 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.

Para la función de producción anterior, el producto (Y) representa el producto total o cantidad física de producción; en tanto que los insumos (X_1, X_2, \dots, X_n) comúnmente son medidos como cantidades disponibles o usadas en el proceso de producción. Los insumos que generalmente se consideran en una función de producción de Cobb-Douglas, son el capital y el trabajo, aunque también pueden considerarse tierra, materias primas y combustible entre otros.

Existen numerosas aplicaciones de la función Cobb-Douglas en agrosistemas (Bravo-Ureta & Rieger, 1990; Colom, Sabate, & Saez, 1996; Murua & Albisu, 1993), por ejemplo, en ganadería Bravo-Ureta y Rieger (1990) utilizaron cuatro versiones de esta función para estimar la producción de leche de vacas en Nueva Inglaterra y Nueva York; Murua y Albisu (1993) determinan la producción porcina de Aragón utilizando la función Cobb-Douglas en su forma logarítmica, aplicando como variables exógenas el pienso suministrado, el capital y la gestión técnica; en fitotecnia Colom et al. (1995), realizaron un estudio económico financiero de competitividad y eficiencia productiva, de un grupo de sociedades agrarias cerealistas en la provincia de Huesca, utilizando la función Cobb-Douglas para calcular el valor del producto vendido por campaña.

Este modelo ha sido aplicado al análisis del rendimiento de cultivos, como el trigo, la soya, el algodón y el arroz, mostrando también su sensibilidad a las condiciones climáticas (Amien et al., 1996; Jalota et al., 2007; Kaufmann & Snell, 1997; Kumar & Parikh, 2001; Reyes et al., 2009; Seo et al., 2005). Asimismo, tomando como base esta función de producción, se han desarrollado modelos bioeconómicos para describir la sensibilidad o respuesta marginal de la producción, con respecto a eventos específicos del clima (Castro, 2009; Cruz & Llinas, 2010).

Modelos autorregresivos

Los modelos autorregresivos son aquellos, en que el efecto se recoge mediante la incorporación de la variable dependiente retardada en algún periodo, como variable explicativa. Estos modelos suponen una violación de los supuestos básicos, como son la hipótesis o supuesto de que las variables explicativas no son aleatorias, en virtud de que la variable endógena retardada, depende de la perturbación aleatoria y por consiguiente, tiene un carácter estocástico.

Al respecto debe comentarse, que los resultados de la estimación por MCO de un modelo con regresores estocásticos, están condicionados al tipo de dependencia que existe entre estas y las perturbaciones. La dependencia puede ser:

1. Independencia total. En este caso se conservan todas las propiedades de los estimadores por MCO.
2. Dependencia parcial. Sucede cuando el regresor estocástico sólo depende de la perturbación en periodos de tiempo pasados, pero no en el presente ni en el futuro. En esta situación los estimadores son sesgados, pero mantienen la propiedad de consistencia.
3. Dependencia total. Aquí el regresor estocástico depende de las perturbaciones en todos los periodos. El estimador MCO, además de ser sesgado, ya no es consistente, por lo que se recurre a otro método de estimación alternativo, que al menos garantice esta última propiedad asintótica. El método a utilizar es el de variables instrumentales.

Con este método se sustituyen los regresores exógenos por ellos mismos, así como la variable endógena retardada por otra variable exógena con la que presente mayor correlación, retardada en el mismo número de periodos.

La determinación del tipo de dependencia entre el regresor estocástico (la variable endógena retardada), y la perturbación se realiza analizando la existencia de autocorrelación en el modelo. Es interesante señalar, que la ausencia de correlación en las perturbaciones implica una situación de dependencia parcial, en tanto que cuando hay autocorrelación, ello implica que hay dependencia total. Para detectar la autocorrelación se usa el contraste “h” de Durbin, el cual plantea las mismas hipótesis que la “d” de Durbin-Watson:

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

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

$$h = \hat{\rho} \sqrt{\frac{n}{1 - n \cdot (S_{\beta_{k-1}}^2)}} \quad [4.5]$$

$$\hat{\rho} = (1 - \frac{1}{2}d) \quad [4.6]$$

Dónde:

h = Estadístico h de Durbin.

$S_{\beta_{k-1}}^2$ = Varianza de la variable endógena retardada un periodo.

n = Tamaño de la muestra.

$\hat{\rho}$ = Estimación de la correlación serial de primer orden (estimador de la regresión de los residuos MCO frente a sí mismos retardados un periodo y sin término constante).

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.

Como se indicó líneas arriba, cuando tiene lugar la existencia de autocorrelación, o cuando se quiere evitar, se usa el método de variables instrumentales, la cual implica buscar unos “instrumentos” que sustituyan a los regresores del modelo.

CAPÍTULO 5.

Materiales y métodos



Flores de Aceitilla.

En la descripción de la metodología empleada en este proyecto de tesis, se describe la zona de estudio, en donde se llevó a cabo el diseño del experimento socioeconómico, el método de muestreo y las características particulares de la muestra de productores entrevistados; destacando que a pesar de las dificultades técnicas y metodológicas, que el diseño de un experimento de tipo socioeconómico implica, se conformó una muestra con características lo más homogéneas posible, la cual permitió posteriormente, construir una base de datos apropiada para estudiar el fenómeno, mediante la modelación bioeconómica de la producción de miel de abeja, con una función de producción tipo Cobb-Douglas.

5.1. El área de estudio

El Estado de Aguascalientes es una entidad federativa de la República Mexicana con una superficie de 5,589 kilómetros cuadrados, que representa el 0,3% de la superficie del país. Colinda al norte, este y oeste con el Estado de Zacatecas; al sur y este con el de Jalisco, se ubica entre los paralelos 22° 27' - 21° 38' de latitud norte y entre los meridianos 101° 53' - 102° 52' de longitud oeste. La división política consta de once municipios; Aguascalientes, Asientos, Calvillo, Cosío, Jesús María, Pabellón de Arteaga, Rincón de Romos, San José de Gracia, Tepezalá, San Francisco de los Romo y El Llano.

Las principales elevaciones que se cuentan en la entidad son: Sierra Fría (3,050 msnm), Sierra del Laurel (2.760 msnm), cerro del Mirador (2.700 msnm), cerro de La Calavera (2.660 msnm), Sierra de Asientos (2.650 msnm), cerro de San Juan (2.530 msnm), cerro de Juan el Grande (2.500 msnm), cerro del Picacho (2.420 msnm) y cerro de los Gallos (2.340 msnm).

El clima en el Estado de Aguascalientes es de carácter semiseco, con una temperatura media anual de 17,4°C y una precipitación pluvial media de 526 mm. El periodo de lluvias corresponde al verano, concentrándose en el mes de julio; en las otras estaciones del año las lluvias que se registran son de baja intensidad. Existe una región en el suroeste, enclavada en gran parte de la Sierra el Laurel, municipio de Calvillo, que presenta un clima templado subhúmedo (INEGI, 1984).

Al clima semiseco que predomina en Aguascalientes se le denomina también seco estepario, se caracteriza porque en la evaporación excede a la precipitación, y está asociado principalmente a comunidades vegetativas, del tipo de matorral desértico y vegetación xerófila. Se localiza en casi todo el Estado cubriendo aproximadamente el 95% de la superficie; presenta las siguientes cuatro variantes: subtipo semiseco semicálido (con precipitación menor de 5 mm), subtipo semiseco semicálido (con precipitación entre 5 y 10 mm), subtipo semiseco templado (con precipitación menor de 5 mm) y subtipo semiseco templado (con precipitación entre 5 y 10 mm).

5.2. Diseño del experimento socioeconómico

Por la naturaleza del fenómeno de análisis, se trató de una investigación en donde no se manipularon intencionalmente las variables independientes, ni se determinaron aleatoriamente los sujetos ni las condiciones, se observó el fenómeno tal y como se desarrolla en su contexto natural, razón por la cual, el diseño de la investigación corresponde a un diseño no experimental; al haber analizado al mismo grupo de gente de manera repetida, a lo largo de un período de años, tiene la característica de ser longitudinal, y al buscar revelar la relación entre variables, posee la propiedad de ser explicativo.

A pesar de la dificultad de obtener exactamente a los mismos sujetos para llevar a cabo las observaciones necesarias, fue posible contar con el mismo grupo específico para analizarlo en todos los años del periodo de análisis, conformando finalmente un diseño de investigación longitudinal de panel.

El desarrollo de modelos bioeconómicos, ha estado vinculado principalmente al sector primario de la economía, destacando en este contexto, y bajo este enfoque de análisis multidisciplinario, actividades como la agricultura (Brown, 2000) y la pesca (González-Olivares, 1998; Prelezo et al., 2010). En la revisión de literatura que tuvo lugar en los capítulos anteriores, se hizo con toda intención, especial énfasis en los modelos bioeconómicos aplicados a la agricultura, debido a que son los de mayor relevancia para esta tesis en particular, esto obedece a la naturaleza del estudio bioeconómico que se está realizando, el cual tiene como propósito el análisis de la producción de miel, la cual, en términos estrictos es producida por plantas de la familia *Asteraceae*, destacando la aceitilla (*Bidens spp.*) en este caso, y recolectada por las abejas, razón por la cual se ha explorado en la literatura, lo referente a la aplicación de los modelos bioeconómicos, aplicados a los cultivos con los que interactúa la fuente de néctar en cuestión, como son el maíz, el sorgo, la soya, el trigo, algodón y arroz, aunque en la zona de estudio el que prevalece es el maíz, lo que ha hecho que esta investigación haya comenzado como exploratoria.

En segundo término, la mencionada revisión reveló que existen una serie de trabajos relacionados al análisis bioeconómico de la producción agrícola, los cuales han detectado y definido la influencia de ciertas variables climáticas, sobre la productividad de los cultivos con los que las fuentes de néctar que proveen la cosecha de miel, objeto de este trabajo,

conviven; lo que le da a esta tesis un carácter descriptivo, puesto que ya se han detectado ciertas variables que fundamentan este estudio, para posteriormente añadir otras que contextualicen las particularidades de la cosecha de miel de la fuente de néctar mencionada.

Asimismo los modelos bioeconómicos en los trabajos consultados, destacan la existencia de determinadas relaciones entre la productividad de los cultivos y las variables climáticas consideradas, así como las características de las relaciones tanto entre las variables de influencia detectadas, como entre ellas y el desarrollo de la cosecha dándole a este trabajo también el carácter de correlacional.

Finalmente se trata de un problema de carácter interdisciplinario, en el que existen varias teorías que pueden contribuir a la solución del problema de investigación, consistente en averiguar que variables inciden sobre la producción de miel. Hasta el momento los modelos bioeconómicos realizados para la apicultura, versan en la importancia de esta actividad como proveedora de servicios de polinización, los cuales se basan en el análisis tanto de la población de abejas existente, como variable explicativa del rendimiento de ciertos cultivos, o de los ingresos por concepto de la producción de miel y de los servicios de polinización prestados, así como en el análisis de la densidad de dichas poblaciones de este insecto, en función de factores económicos y biológicos, pero están imposibilitados para analizar la producción de miel debido a la carencia, de registros de producción detallados por apicultor para cada cosecha, y de muestras de apicultores de características técnicas y geográficas homogéneas (Champetier et al., 2012).

La necesidad de demostrar, cómo y cuáles variables determinan la productividad de una colmena bajo condiciones técnicas y geográficas determinadas, es lo que en anteriores trabajos solo ha sido esbozado, pero

denotando la pertinencia de su estudio, esta circunstancia dentro del estado del arte en la aplicación de modelos bioeconómicos a la apicultura, finalmente define este trabajo, el cual ha iniciado siendo exploratorio para finalmente definirse como explicativo, debido a que se lleva a cabo el análisis de las relaciones entre varias variables independientes, sobre la dependiente y los efectos causales de las primeras sobre la segunda.

El interés de este trabajo, se basa en el análisis de los cambios en el nivel de producción de miel, bajo la influencia de variables como; la temperatura media y la precipitación pluvial, de la superficie cosechada de cultivos de temporal y el trabajo aplicado por colmena, razón por la cual, se recolectaron datos de productividad de la cosecha de miel de aceitilla (*Bidens spp.*), la fuente de néctar de la segunda temporada de cosecha, y que prospera en tierras de cultivo de temporal donde el uso de herbicidas, en el caso la zona de estudio es escaso o nulo, a diferencia de los cultivos de riego, donde dicha fuente de néctar no prolifera, al aplicarse una mayor tecnificación para generar mayores rendimientos.

Se aplicó un diseño de investigación no experimental longitudinal de panel, para analizar la producción de la segunda cosecha en un periodo de 13 años, y así hacer inferencias respecto al cambio en la productividad, sus determinantes y consecuencias, dentro de la misma muestra de apicultores, lo cual implicó afrontar grandes dificultades concernientes a obtener los datos de los mismos sujetos para cada observación, referente a producción y cantidad de trabajo aplicado bajo un paquete tecnológico homogéneo. Este diseño no experimental ha sido apropiado, debido a que se analizó a los individuos de una población, que cuenta con una serie de características que son relativamente constantes, lo cual hace que los sujetos analizados dentro del grupo sean hasta cierto punto similares.

La cantidad de colmenas consideradas fue de 8.057, las cuales pertenecen a los apicultores entrevistados y corresponden a alrededor del 91% (8.910) del inventario de colmenas reportado por el Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON) en el año 2010 (SIAP, 2013), esta fue la base para considerar el número de apicultores a entrevistar, de esta muestra fueron excluidos aquellos apicultores que no mantuvieron sus colmenas en la misma zona durante el periodo de estudio, obteniendo al final información de una muestra de alrededor del 55 % del inventario de colmenas del estado correspondiente a 4.901, el cuestionario aplicado en la encuesta se incluye en el Anexo 2.

Tamaño de muestra

Una consideración importante en el diseño de la investigación, es la elección del tamaño de muestra, su tamaño debe ser lo suficientemente grande, para que permita obtener un determinado nivel de precisión.

La unidad de estudio es aquella sobre la cual se realizaron las observaciones y mediciones de interés para este estudio. En este caso, para conocer la producción media por colmena en la segunda cosecha de miel del año en Aguascalientes, las unidades de muestreo estuvieron integradas por los apiarios y dentro de estas, las unidades de estudio estuvieron integradas por las colmenas, que fueron los elementos sobre los cuales afectaron las condiciones ambientales correspondientes.

El método empleado para determinar el tamaño de la muestra fue el muestreo aleatorio simple (Cochran, 1977; Scheaffer, Mendenhall, Ott, & Gerow, 2011), para llevarlo a cabo se consideraron los siguientes conceptos:

1. Precisión deseada. Se refiere al máximo alejamiento o error que se estuvo dispuesto a aceptar entre el estimador y el parámetro correspondiente.
2. Confiabilidad. Está dada por la seguridad o confianza que se desea tener de que el estimador considerado conserve la precisión requerida.

La expresión que relaciona estos conceptos está dada por:

$$d = Z_{\frac{\alpha}{2}} \cdot S_{\bar{X}} \quad [5.1]$$

Dónde:

d = Precisión.

$Z_{\frac{\alpha}{2}}$ = Valor de Z, $N \sim (1,0)$, (distribución normal estándar), que representa

el nivel de probabilidad del error.

$S_{\bar{X}}$ = Desviación estándar de la media muestral.

De la expresión [5.1] se deduce:

$$d^2 = Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 \cdot S_{\bar{X}}^2 \quad [5.2]$$

Dónde:

$$S_{\bar{X}}^2 = \frac{S_N^2}{n} \cdot \frac{N-n}{N} \quad [5.3]$$

Sustituyendo [5.3] en [5.2] y despejando n se obtiene la fórmula para calcular el tamaño de muestra para una población finita mediante muestreo aleatorio simple:

$$n = \frac{N \cdot Z_{\alpha}^2 \cdot S_N^2}{(N \cdot d^2) + \frac{Z_{\alpha}^2 \cdot S_N^2}{2}} \quad [5.4]$$

Usando estimadores “ s ” para la varianza “ S ”, la ecuación obtenida como resultado, misma que se aplicó en la práctica para determinar el tamaño de muestra de una población finita N , es la siguiente:

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

[5.5]

En el Estado de Aguascalientes donde se produce miel en cada uno de sus once municipios, se buscó estimar la producción promedio por colmena. Según los datos recabados, se sabe que la varianza estimada es de $s_N^2 = 85,54$.

Se desea estimar la producción media por colmena con una precisión de $\pm 0,5$ kg, esto implica que conocida la producción promedio para las colmenas de la muestra \bar{X}_n , se tendrá la seguridad de que la producción promedio verdadera se alejará de la muestra en no más de 0,5 kg, con una confiabilidad o probabilidad del 95 %.

El tamaño de muestra necesario para que se cumplan los requerimientos especificados si $N = 8.910$, se calculó de la siguiente manera:

$$d = 0,5 \text{ kg} \rightarrow d^2 = 0,25 \text{ kg: precisión}$$

$$Z_{\frac{\alpha}{2}} = 1,96 \rightarrow Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 = 3,842: 95 \% \text{ de confiabilidad}$$

$$N = 8.910$$

$$s_N^2 = 85,54$$

Sustituyendo:

$$n = \frac{8.910 \cdot 3,842 \cdot 85,54}{(8.910 \cdot 0,25) + (3,842 \cdot 85,54)} = \frac{2'928.224,01}{2.227,5 + 328,645} = 1.145,43 \quad [5.6]$$

Por lo tanto, el tamaño n de muestra requerido es de 1.145,43 colmenas cuando $N= 8.910$.

No obstante considerando la disponibilidad de tiempo y recursos se definió tomar una muestra mayor, de tal manera que a partir la información obtenida se tomó una muestra de 4.901 colmenas, que constituye más del 50% del total del inventario de colmenas estatal reportado por SAGARPA en 2010, aumentando con esto el nivel de precisión de la información obtenida de las unidades de estudio, por lo tanto la muestra que se obtuvo cumple los requisitos mínimos de confiabilidad y de precisión.

5.3. Características de los productores entrevistados

Para este análisis se contó con una muestra homogénea de apicultores, en cuanto a sus prácticas de manejo técnico en la producción de miel, las cuales se llevan a cabo por aquellos que producen desde de forma tradicional, pasando por los que producen a un nivel semitecnificado hasta los que producen a un nivel tecnificado, la diferencia entre estos grupos,

estriba en el tamaño de sus apiarios y la infraestructura para atenderlos, su capacidad para producir de forma homogénea está certificada por las empresas acopiadoras y exportadoras, las cuales solo compran el producto de los apicultores después de conocer físicamente los apiarios, y de haber realizado las correspondientes pruebas de calidad a su producción, según los estándares que solicita el mercado europeo y estadounidense, por lo cual, los apicultores que producen para exportar la mayor cantidad posible de miel llevan a cabo las mismas actividades de manejo técnico, la única diferencia, es que según su nivel de tecnificación es el número de colmenas que pueden atender sin descuidar el apego a los requerimientos de calidad de los acopiadores, y por lo tanto de los mercados internacionales, asimismo, la producción se ajusta a las normas oficiales mexicanas vigentes que exige SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria).

Todos los apicultores encuestados llevan a cabo prácticas de inocuidad alimentaria y control de la varroa y cambian sus reinas anualmente, por lo que la africanización aunque es un problema que aqueja a apicultores de subsistencia queda descartada en los apicultores formales analizados en este trabajo.

Tipo de abeja

La abeja europea (*Apis mellifera*), también conocida como abeja doméstica o abeja melífera, es una especie de himenóptero apócrito de la familia *Apidae*. Es la especie de abeja con mayor distribución en el mundo. Originaria de Europa, África y parte de Asia, fue introducida en América y Oceanía. Fue clasificada por Carolus Linnaeus en 1758. A partir de entonces numerosos taxónomos describieron variedades geográficas o subespecies que, en la actualidad, superan las 30 razas (Wikipedia, 2013).

Las abejas eusociales son insectos sociales, con tres diferentes tipos de individuos o castas en la colonia; abeja obrera, abeja zángano, abeja reina. Cada casta tiene su función especial, y desarrollan un tipo de trabajo diferenciado en la colonia. La reina y las obreras son hembras y los zánganos son machos. Cada casta tiene un tiempo o ciclo de desarrollo diferente, propio para cada especie y se cría en distintos tipos de celdas. El periodo de desarrollo de la abeja reina en el caso de *Apis mellifera* es de 16 días, las obreras 21 días, y los zánganos 23 días.

Para convertirse en reina, una larva debe ser nutrida con jalea real y ser alojada en una celda especial. También las larvas de las obreras comen en sus primeras fases jalea real, pero luego se les da otra dieta. Si una obrera come jalea real puede desarrollar sus posibilidades de poner huevos, pero no de aparearse con un zángano, por lo que sus huevos serán infecundos (es decir, darán lugar sólo a zánganos). Este fenómeno se puede producir en colmenas que han quedado privadas de reina.

Desde el punto de vista filogenético, se ha clasificado a *Apis mellifera* en grupos de acuerdo a linajes o tipos de ADN:

Linaje o tipo A (grupo africano)

- *Apis mellifera adamsonii*
- *Apis mellifera capensis*
- *Apis mellifera intermissa*
- *Apis mellifera litorea*
- *Apis mellifera monticola*
- *Apis mellifera sahariensis*
- *Apis mellifera scutellata*
- *Apis mellifera sicula*
- *Apis mellifera unicolor*

Linaje o tipo C (grupo Carniola)

- *Apis mellifera carnica*
- *Apis mellifera cecropia*
- *Apis mellifera ligustica*
- *Apis mellifera macedonica*

Linaje o tipo M (grupo mediterráneo)

- *Apis mellifera iberica*
- *Apis mellifera mellifera*

Linaje o tipo O (grupo del Medio Oriente)

- *Apis mellifera adamii* o *Apis mellifera adami*
- *Apis mellifera anatoliaca*
- *Apis mellifera armeniaca*
- *Apis mellifera caucasica*
- *Apis mellifera cyprica*
- *Apis mellifera lamarckii*
- *Apis mellifera meda*
- *Apis mellifera syriaca*

Linaje o tipo Y (grupo del noreste africano, Etiopía)

- *Apis mellifera jemenitica*, *yemenítica* o *yemeniticia*.

Los apicultores encuestados toman las medidas necesarias para evitar la africanización de sus apiarios, por lo que, aunque la abeja reina es capaz de vivir en promedio hasta tres años, la renuevan cada año para asegurar que se conserva el genotipo europeo.

El linaje o tipo de abeja *Apis mellifera* empleada por la mayoría de los apicultores de Aguascalientes, y en particular por el grupo de productores analizado, corresponde al tipo C (grupo Carniola), destacando la *Apis mellifera cárnica*, conocida como “abeja carniola” o “abeja cárnica”, su área de distribución natural es Eslovenia y la *Apis mellifera ligústica*, conocida como “abeja italiana”, es una raza muy común distribuida en todos los continentes por acción del hombre, su área de distribución natural es el norte de Italia.

Tipo de colmena

Una colmena es el lugar donde habita una colonia de abejas. El conocimiento existente sobre la vida de las abejas, ha sido posible gracias al desarrollo de una colmena técnica.

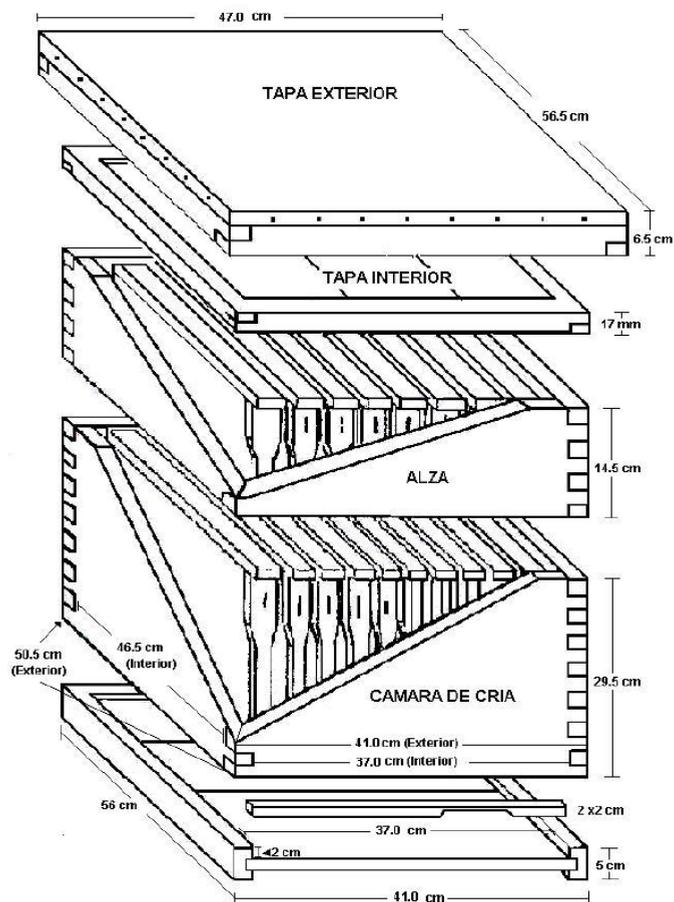
En el área de estudio se utiliza la colmena tipo Jumbo (Figura 5), la cual consta de los siguientes elementos:

Techo. Cubre y protege la colmena de la intemperie y la lluvia. Consiste en un marco de madera con cubierta de metal, regularmente lámina de chapa galvanizada, tiene por objeto proteger la colmena de la lluvia y el sol. Es más largo y más ancho que el alza para que pueda encajar sobre esta.

Entretecho o tapa. Cierra la parte superior de la colmena encima de la última alza, va cubierta de madera y es resistente para facilitar su remoción en las revisiones que periódicamente se realizan a la colmena.

Alza. Son cajas con sus correspondientes panales, las cuales se colocan sobre la cámara de cría para que las abejas almacenen la miel que recolectan. Es importante destacar que si la colmena es fuerte, la cámara de cría estará llena, lo cual estimulará a la reina a subir a la primera alza en busca de espacio donde depositar los huevos. Esto ocurre

principalmente en épocas de floración cuando la colonia está en su máximo apogeo. El alza tipo jumbo tiene ocho bastidores.



Fuente: Coordinación General de Ganadería/SAGARPA.

Figura 5. Colmena tipo Jumbo

Piso. Se le llama también fondo de la colmena, se trata de una plancha de madera más larga que el alza, es la sección donde se asienta la cámara de cría. En su parte libre denominada piquera es por donde las abejas entran y salen de la colmena.

Cámaras de cría. Es el primer cuerpo de la colmena y contiene los panales centrales con cría y los laterales con miel y polen. La cámara de cría tiene diez bastidores.

Bastidores o panales. Estos consisten en cuadros que se colocan dentro de la cámara de cría y las alzas, dentro de ellos se colocan alambres horizontales por unos orificios que tienen las piezas laterales del bastidor, mediante corriente eléctrica los alambres son calentados para incrustarles las láminas de cera, las cuales forman la guía del panal y las abejas construyen sus celdas a ambos lados de ellas.

Ubicación e instalación del apiario

Del lugar y condiciones que los productores ofrezcan a las abejas, depende en gran medida que los resultados de su explotación sean satisfactorios, si las abejas cuentan con los medios para fortalecer y desarrollar su colonia, acopiarán néctar y polen en abundancia, lo que se traducirá en beneficios económicos para el apicultor.

La instalación de los apiarios se ubica en terrenos que al momento de la floración, no están sujetos a la aplicación de plaguicidas agrícolas, y otras sustancias tóxicas, también se evita instalarlos cerca de desagües de aguas negras, granjas pecuarias, a pie de carretera, fabricas, zonas urbanas, escuelas, etc.

Los criterios de ubicación de los apiarios que adoptan los productores encuestados consideran tres aspectos; vegetación, disponibilidad de agua e instalación de colmenas:

Vegetación. Los productores analizados ubican sus apiarios donde existe abundante vegetación néctar-polinífera, ya que de esta depende la alimentación de las abejas, así como la producción de miel y polen.

Aunque las abejas pueden cubrir una zona de 2 a 3 km. de radio (Asociación Nacional del Café [ANACAFE], 2004; TodoMiel, 2010), cuanto más cerca se encuentren de las plantas melíferas, será más rápido el transporte de néctar y polen y gastarán menos energía, además es importante destacar que cuando las abejas se ven forzadas a tener que volar más de 3 km, la producción de miel deja de ser rentable, debido al gran requerimiento de energía que esto implica por parte de estos insectos.

Disponibilidad de agua. Las abejas se proveen de agua de manantiales, arroyos, ríos y del rocío de las plantas durante las mañanas. Por lo regular en climas templados y semáridos, durante el verano las abejas requieren al día aproximadamente 3 litros de agua limpia por colmena; en ambientes húmedos como en climas tropicales la necesidad es menor.

Los apicultores estudiados preferentemente buscan sitios con fuentes naturales de agua, sin embargo en Aguascalientes no siempre es posible disponer de ella para todos los apiarios, y en ocasiones no es apta para el consumo. Por tal motivo, los apiarios cuentan con agua limpia en bebederos. Como una medida preventiva, están alejados un mínimo de 4 km de aguas negras o residuales.

Cuando es necesario establecer bebederos en los apiarios, se utilizan recipientes no contaminantes y con capacidad para abastecer el volumen de agua necesario para estos. Los recipientes que comúnmente se utilizan son piletas de cemento o tambores de 200 litros, a los que se les llena con piedras o flotadores de madera para que las abejas se posen a tomar el agua. Cuando se usan tambores, están recubiertos con pintura epóxica o fenólica para evitar la contaminación del agua.

Instalación de colmenas. Las colmenas se colocan lejos de lugares húmedos, pero dadas las condiciones de calor de la zona, se procura en la medida de lo posible ubicarlas en sitios con sombra, pero no en lugares completamente cerrados.

Los lugares en donde se instalan las colmenas se limpian de maleza, eliminando hormigueros y otros enemigos de las abejas alrededor. Las colmenas se colocan sobre una base resistente de metal, piedras o ladrillos para que no estén directamente sobre el piso, y alcancen una altura mínima de 20 cm del suelo, lo que facilita el manejo y favorece la ventilación de la colmena.

Asimismo, el apiario se sitúa preferentemente en un lugar nivelado y seco, con espacio suficiente, de tal forma que se transite libremente por detrás de las colmenas para realizar las diferentes prácticas de manejo.

La distancia mínima de un apiario a otro es de alrededor de 3 km, para evitar la competencia y el pillaje entre las abejas por la disponibilidad de recursos apibotánicos en la región (IICA, 2009; SENASICA-SAGARPA, 2009). Asimismo, los apiarios se sitúan como mínimo a 200 metros de distancia de caminos, casas habitación, campos deportivos, escuelas, corrales de animales domésticos, etc., de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-002-Z00-1994, Actividades Técnicas y Operativas Aplicables al Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana.

El apiario se orienta preferentemente hacia el este, para que los primeros rayos del sol den a las piquerías, lo que incentiva a las abejas a salir a pecorear temprano. Esta alineación también facilita el regreso de las pecoreadoras con el viento a su favor. Las colmenas se colocan con las piquerías en contra de los vientos dominantes y ligeramente inclinadas

hacia el frente. Estas medidas ayudan a las abejas a regular la temperatura y humedad de la colonia.

Manejo técnico del apiario

Aguascalientes está en el altiplano mexicano, esto le confiere características ambientales, que determinan cuando realizar ciertas actividades en el apiario.

Las condiciones climáticas prevalecientes, determinan las fechas y periodos anuales en que cada actividad debe de aplicarse al apiario y sus colmenas, con el objetivo de mantenerlas sanas para producir miel.

Las actividades descritas en el cuadro 6, son indispensables para realizar un adecuado sistema de producción, apegado a los protocolos de calidad de exportación internacionales, y por ende, a los parámetros establecidos por las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) vigentes.

Cuadro 6. Guía del apicultor del altiplano mexicano

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

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

Alimentación artificial. Las abejas requieren de alimentos ricos en carbohidratos, grasas, proteínas y minerales, los que obtienen en forma natural de la miel y el polen. Sin embargo en las épocas en las que el néctar escasea, los apicultores complementan la dieta de las abejas con alimentación artificial, la cual puede ser de sostén, de estímulo y suplementaria.

La alimentación de sostén es de tipo energético, tradicionalmente se administra en forma jarabe de azúcar con agua en proporción 1:1, y tiene como objetivo el mantenimiento de la colonia en las épocas de escasez de néctar. Tiene lugar en las épocas intermedias entre floración y floración, ya que es necesario alimentar las colmenas que no tienen miel para evitar que mueran de hambre, o emigren en busca de zonas donde encuentren alimento. Esto se hace particularmente necesario, en temporadas prolongadas de lluvias o vientos, o cuando la floración es escasa por sequías o heladas.

La alimentación de estímulo es similar a la anterior, pero se administra a una concentración de 2:1 (azúcar/agua), con la diferencia de que en este caso, se proporciona preferentemente durante los 45 días previos a la floración, y se acompaña de sustitutos de polen. Esta tiene por objeto mantener colonias fuertes, que permitan una buena cosecha.

La alimentación suplementaria tiene como objetivo, intensificar la postura para fortalecer la colonia, a fin de producir abejas a granel, jalea real y abejas reina, en esta se adiciona en mayor proporción sustituto de polen.

Ante la posibilidad del riesgo que implica la alimentación artificial, debido a la posibilidad de contaminación de la miel, los apicultores toman los cuidados de higiene necesarios, tanto en la elaboración como en el suministro de los mismos. Asimismo, en la preparación de los alimentos ya

sean líquidos o sólidos, no se emplean antibióticos o plaguicidas, a fin de evitar la contaminación de la materia prima y sobre todo al inicio de la floración.

Revisión básica. Tiene el objetivo de satisfacer las necesidades que tenga la colmena, como curación, cambio de bastidores viejos, sustitución de abeja reina, adición de alzas, etc. El apicultor revisa sus apiarios con una frecuencia de entre 8 y 15 días para detectar signos sugerentes a enfermedades, así como cambios de comportamiento de las abejas. Esta información se integra en una bitácora de revisión de colmenas. Asimismo, se lleva a cabo el muestreo del 10% de las colmenas por lo menos una vez al año, a fin de detectar oportunamente la presencia de enfermedades.

Revisión de enjambrazón. La enjambrazón es la manera natural de multiplicarse de una colonia de abejas y este hecho constituye uno de los mayores obstáculos en la producción apícola. Se produce principalmente en el periodo de más abundancia de flores y polen, cuando el desarrollo de la colonia está en su más alto nivel. Si el espacio dentro de la colmena no es suficiente para albergar el creciente número de abejas, una parte de ellas con la reina abandonan la colmena, quedando ésta debilitada ocasionando como consecuencia la pérdida de una parte importante de la producción.

Para evitar que el debilitamiento de la colmena, debido a enjambrazón disminuya su productividad, el apicultor debe en primer lugar, dar el suficiente espacio a la colmena en épocas de floración, de manera que la reina tenga suficiente lugar donde hacer su postura, añadiendo alzas para que las abejas tengan bastantes panales donde almacenar miel y polen; en segundo lugar, mantener reinas jóvenes de origen europeo, procedentes de criaderos comerciales que no tengan tendencia enjambradora; tercero, mantener la piquera completamente abierta en la época de calor; cuarto,

durante la revisión de la colmena, en caso de que existan, destruir las celdillas reales.

División artificial de una colmena. En el mundo de las abejas, el instinto natural de reproducción de la especie se conoce por el nombre de enjambrazón. En la apicultura tecnificada de Aguascalientes, los apicultores aprovechan este instinto para ampliar sus apiarios. Es lo que se llama división artificial de una colmena, y se trata de obtener dos colonias de una.

Para un buen desarrollo de la nueva colonia, la división debe realizarse en épocas favorables, eligiendo las colmenas que tengan como características; una reina joven y fuerte, población abundante y existencia de provisiones abundantes de miel y polen. La época apropiada para dividir las colmenas en la zona de estudio, es alrededor del mes de junio, y se procura suministrar alimentación artificial a la colmena después de la división, para estimular el desarrollo de la nueva colonia, mientras se introduce una reina de origen europeo fecundada.

Preparación de cosecha. La época de precosecha, es aquella que antecede al flujo de néctar, del manejo y atención que se dé a las colmenas en este periodo, va a depender en gran parte, el rendimiento de miel y polen que se obtenga en la cosecha. Si no se da el espacio de alzas en el momento preciso, se puede perder gran parte de la producción y la colmena puede enjambrar. Para obtener el máximo rendimiento, se deben nivelar las colmenas pasando panales de cría sellada de las colmenas fuertes a las débiles, para que entren a la cosecha con unas 35.000 ó 45.000 abejas por colmena, es obligatorio hacer una revisión básica, y organizar bien la cámara de cría, dando suficiente espacio para la postura de la reina y alzas para la entrada de néctar, también las colmenas más débiles pueden unirse para que se fortalezcan.

Es necesario utilizar reinas jóvenes, juzgando su calidad y la necesidad de cambiarla por el tipo de postura. Si esta se ve uniforme la reina todavía es útil, si la postura es salteada lo mejor es cambiarla. Los mejores resultados se obtienen cambiando las reinas cada año.

Cosecha. Las abejas almacenan miel y polen para asegurarse el alimento, y así la supervivencia de la especie durante las épocas en que no hay flores en el campo, o cuando las inclemencias del tiempo no les permiten salir a recolectar néctar. La época de cosecha varía en las diferentes zonas del país, y está directamente sujeta a las condiciones climáticas que influirán en los ciclos de floración.

Se debe tener extremo cuidado con los panales a cosechar, cerciorándose de que no contengan cría operculada, huevos o larvas, que no contengan exceso de reservas de polen, y que tengan mínimo el 90% de miel operculada (sellada).

En las revisiones efectuadas en épocas de cosecha, sobre todo en la precosecha, se sube toda la miel madura (operculada) a las alzas. La miel que está en período de maduración también se sube a las últimas alzas, para que las abejas la acaben de opercular, y a la cámara de cría se le da espacio con panales apropiados para la postura de la reina.

5.4. Base de datos para el estudio del fenómeno

La lógica de modelización consistió, en que el modelo obtenido se diseñó con base en condiciones dadas en las variables explicativas en cada año, en cada apiario, no en el tiempo, generando bajo esta lógica 1.014 repeticiones, correspondientes a 78 apiarios pertenecientes a 41 apicultores, para el periodo de 13 años que abarcó de 1998 a 2010.

La base de datos de esta investigación no experimental, se constituyó con las series de datos correspondientes a producción de miel por colmena; la variable de respuesta, y con aquellas referentes a las variables explicativas conformadas por las de producción y manejo, así como por las agroclimáticas, ambas detalladas en los Cuadros 7 y 8.

Cuadro 7. Variables de producción y manejo

Variable	Descripción	Unidad
Y	Producción de miel por colmena	Kg/colmena
Q	Proporción de superficie cosechada de temporal	Hectáreas (ha)
L	Porcentaje de jornales adicionales aplicados por colmena al año	Porcentaje (%)

Cuadro 8. Variables agroclimáticas

Var.	Descripción	Unidad
T	Temperatura media del 2º semestre del año	Grados centígrados (Cº)
H	Precipitación del 2º semestre del año	mm/día

Los criterios que definieron la selección e inclusión en el modelo, de las variables temperatura y precipitación pluvial, se fundamentaron en los trabajos citados en la revisión de literatura, en lo referente a la respuesta fenológica de las abejas, y la fuente de néctar ante los efectos del ambiente, tanto para la temperatura (Bartomeus et al., 2011b; Dell et al., 2005; Gordo & Sanz, 2006; Gordo et al., 2010; Le-Conte & Navajas, 2008; Roy & Sparks, 2000; Sparks & Yates, 1997; Thuiller et al., 2005), como para precipitación (Funes et al., 2009; Gordo & Sanz, 2010; Karlsson et al., 2008; Vibrans, 1995).

Para obtener la información referente a las variables agroclimáticas mencionadas, se recopilaron los datos históricos del periodo, correspondientes a 28 estaciones meteorológicas ubicadas dentro del Estado de Aguascalientes, las cuales debido a su ubicación geográfica, se seleccionaron de las 50 existentes, para agrupar la información de los apiarios, y empatarla con los datos de producción y manejo, para la elaboración de la base de datos.

Respecto a la superficie cosechada de cultivos de temporal de la región, los datos fueron proporcionados por las dependencias gubernamentales CONAGUA, INEGI y SAGARPA, asimismo, mediante la aplicación de una encuesta directa, se obtuvo información histórica sobre prácticas de producción comunes, volúmenes de producción anual y ubicación de los apiarios, de los productores que conforman la muestra analizada, quienes trabajan bajo protocolos de inocuidad y que forman parte del Comité Sistema Producto Apícola del Estado de Aguascalientes, A.C., así como de alguna de las asociaciones de apicultores afiliadas a dicho comité.

Se aplicaron 41 cuestionarios dirigidos a los productores de la Asociación Ganadera Local de Apicultores de El Llano S.P.R. de R.L., Apicultores Asociados del Centro S.P.R. de R.L. y a la empresa productora, acopiadora y exportadora Apiarios del Centro S.P.R. de R.L. de C.V. que han mantenido sus colmenas en las mismas regiones del Estado de Aguascalientes durante el periodo de análisis, obteniendo información de una muestra de al rededor del 55% del inventario total de colmenas del estado reportado por la SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) en el año 2010.

Con el objetivo de homogenizar la muestra de apicultores, se entrevistó a aquellos productores afiliados al comité Sistema Producto Apícola del Estado de Aguascalientes, A.C., el cual exige que sus miembros lleven a

cabo un manejo técnico homogéneo en aspectos como; buenas prácticas de producción y manufactura de la miel, mejoramiento del manejo de los medicamentos para el control integral de las enfermedades, y aplicación de las normas oficiales mexicanas (NOM) en lo relativo a sanidad, calidad y aplicación de buenas prácticas en la producción de miel.

Cabe destacar que en esta selección todos los productores aplican medidas preventivas tanto contra ácaro *Varroa destructor*, el cual genera la reducción en la producción de miel (Medina-Flores, Guzmán-Novoa, Aréchiga-Flores, Aguilera-Soto, & Gutiérrez-Piña, 2011), como contra la africanización que también reduce la producción, problema que se resuelve cambiando la abeja reina cada año, asegurando la calidad del genotipo de variedades de abejas relativamente dóciles, como la italiana, *Apis mellifera ligustica* y la carniola, *Apis mellifera carnica* (Guzmán-Novoa, Uribe-Rubio, Hunt, Correa-Benítez, & Zozaya-Rubio, 2003).

Empleando el software Google Earth® se ubicaron los apiarios mediante coordenadas geográficas, asignando su producción anual a la estación meteorológica más cercana para distinguir los patrones de producción promedio por colmena, bajo las diferentes condiciones climáticas de la zona de estudio, seleccionando bajo este criterio, 28 estaciones meteorológicas (Cuadro 9) de las 61 con que cuenta la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en el Estado de Aguascalientes (Figura 6), obteniendo registros diarios desde 1998 hasta 2010, de las variables climáticas; temperatura y precipitación.

proporcionados por la SAGARPA y por el INEGI, con ellos se calculó la proporción de dicha superficie, en un radio de acción de 6 km de cada apiario, respecto al total de la superficie cosechada reportada para el municipio, para asegurar la distancia de 3 km, recomendada entre apiarios (IICA, 2009; SENASICA-SAGARPA, 2009), después cada apiario se asignó a la estación meteorológica más cercana en un rango de 6 km, para compaginar los datos de producción, trabajo aplicado y uso de suelo, con los de clima. Se tomaron los datos climáticos correspondientes al segundo semestre de cada año, en cada estación meteorológica, ya que es cuando tiene lugar la segunda cosecha de miel del año.

Cuadro 9. Estaciones meteorológicas de 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.

Determinación de la producción de miel

La producción de miel en función de los factores trabajo, capital, clima y uso del suelo, se ha analizado por separado (Abdul-Malik & Mohammed, 2012; Ramananarivo, Andriamanalina, Raharijaona, Ralihalizara, & Ramananarivo, 2011; Vural & Karaman, 2010), y destaca la dificultad de considerar tales variables juntas, para explicar la productividad de las colmenas en una zona específica, debido a la carencia de datos de producción, cantidad de trabajo aplicado, y condiciones climáticas correspondientes al desarrollo fenológico de una fuente de néctar predominante, que permita observar el impacto del ambiente sobre el rendimiento de las colmenas, dada una dotación de recursos apibotánicos definida. Por este motivo efectuar una investigación no experimental, conjuntando los mencionados cuatro factores, requirió un arduo trabajo de campo, de recolección de datos históricos y de revisión de literatura.

Con base en el enfoque propuesto en estudios relativos al estudio de los cambios en la productividad agrícola, mediante modelos que incluyen el comportamiento de las variables climáticas, que determinan los principales cambios en el desarrollo de diversos cultivos de granos (Cruz & Llinas, 2010; Turvey, 1999, 2001), se ha observado la influencia del clima no solo sobre tales cultivos, sino también sobre el desarrollo fenológico de diversas fuentes de néctar, como ocurre en este caso, que al coexistir con cultivos de granos, se ven sometidas a las mismas condiciones.

Al determinar la producción de miel por colmena promedio, como resultado del modelo, se buscó corregir la variabilidad del rendimiento de cada unidad de producción, a causa de los diferentes tamaños entre los que pueden variar las dimensiones de una colmena, debido a su nivel de desarrollo, de tal manera que se pueda contar con una unidad de análisis lo más homogénea posible.

Las variables exógenas, han de ser por lo menos débilmente exógenas con respecto a la variable endógena. Por lo que se contrasta la exogeneidad de las variables explicativas mediante el método de Mínimos Cuadrados Bietápicos (Two-Stage Least Squares), ya que la utilización de métodos de estimación alternativos a los MCO, que reduzcan el sesgo en muestras de tamaño reducido, pueden provocar un incremento mayor en la varianza, compensándose de esta manera la disminución del sesgo (García & Möhlendick, 1994). Este método presume la utilización de variables, que actúen como instrumentos en la estimación de los parámetros de las variables seleccionadas. La identificación de los instrumentos se realiza, utilizando el criterio de correlación con las variables originales, pero no con las perturbaciones. Por otro lado, cabe destacar que al ser difícil identificar variables con estas características tan claras, por lo que para realizar la elección se tomó como sustento la teoría económica, de esa manera se seleccionaron como instrumentos, a variables exógenas que posiblemente entrarían en un modelo más general que el propuesto.

En este trabajo de tesis, dado la demostrada capacidad explicativa de las variables correspondientes a temperatura y precipitación pluvial sobre el desarrollo fenológico de las abejas (Bartomeus et al., 2011b; Gordo & Sanz, 2006; Gordo et al., 2010), y considerando la alta correlación que poseen con otras variables como las referentes a radiación solar, a humedad y la velocidad del viento (Omoloye & Akinsola, 2006; Vicens & Bosch, 2000), fueron incluidas solo esas dos, considerando que esto no restará de manera significativa, la capacidad explicativa de la función de producción generada. Asimismo, la temperatura y precipitación son las dos variables climáticas que han demostrado la mayor capacidad explicativa como determinantes en el desarrollo fenológico de la *Bidens spp.* (Funes et

al., 2009), la principal fuente de néctar de la segunda temporada de cosecha.

En la función de producción de miel por colmena, para eliminar la posible endogeneidad, de la variable correspondiente al porcentaje de jornales adicionales usados por colmena, en la función de producción, se consideraron tres variables como instrumentos; el porcentaje de jornales adicionales usados por colmena aplicados en el año próximo anterior, el precio del jornal y la tasa de crecimiento del PIB (Producto Interno Bruto) de México.

Respecto a la variable correspondiente al trabajo aplicado, representada por el porcentaje de jornales adicionales usados, cabe aclarar que fue diseñada, con el objetivo de delimitar de una forma más precisa, la cantidad de jornales que se usaron, de la cantidad de jornales máxima que puede ser aplicada a cada colmena anualmente (o cantidad de jornales disponible), la cantidad mínima de jornales que se pueden aplicar por colmena al año, para satisfacer todas sus necesidades en lo referente a cosecha, sanidad, alimentación e inocuidad es de 0,6 y la máxima es 1,0, por lo tanto se observa un margen de variación de 0,4 jornales por colmena.

La variable correspondiente al porcentaje de jornales usados, muestra el porcentaje de los 0,4 jornales que pueden ser aplicados a la colmena al año por cada diferente productor, en función de las necesidades particulares de su apiario, asimismo es importante destacar, que esta variable se definió con estas características debido a que si se emplean menos de 0,6 jornales por colmena al año, la calidad de la miel obtenida no alcanzaría los estándares requeridos por las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), y si se emplea más de un jornal al año por colmena, indudablemente se estará produciendo con calidad, pero el rendimiento de

miel no aumentará, a causa de aplicar una cantidad de trabajo más allá de un jornal al año, debido a que no hay más labores por realizar en la colmena o el apiario, según la experiencia de los apicultores encuestados.

5.5. Modelización bioeconómica de la producción de miel

El modelo bioeconómico tiene como objetivo, predecir la producción media por colmena en función de una serie de variables, algunas controlables por los productores. En la selección de variables se han tenido en cuenta, los efectos de las variables climáticas temperatura media y precipitación. Las cuales han demostrado tener una mayor capacidad explicativa del desarrollo de las abejas, de la fuente de néctar predominante y por lo tanto, de la producción de miel (Bartomeus et al., 2011a; 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 cosechada de temporal (también conocida como superficie cosechada de secano) donde proliferan especies vegetales, que favorecen la producción de miel. 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 superficie cosechada de secano, del periodo

anterior a cada año, con objeto considerar la variabilidad de la dotación de fuentes de néctar entre temporadas de cosecha.

- (ii) La intensidad de trabajo del apicultor en la colmena, medido en el % aplicado de los 0,4 jornales comprendidos entre 1,0, la cantidad de trabajo máxima requerida por colmena, y 0,6, la mínima requerida. Se consideró el porcentaje de trabajo adicional aplicado por colmena, con respecto al número mínimo de 0,6 jornales por año, que esta requiere, para atender todas sus necesidades de sanidad, alimentación, inocuidad y cosecha, a diferencia de Abdul-Malik y Mohammed (2012), que consideran el total de días-hombre empleados durante la temporada. Debido a que después de aplicar 1,0 jornales, no hay más labores por realizar, se consideró que aplicar más de esta cantidad de trabajo por colmena al año, genera un gasto de recursos que no reditúan en ninguna situación de la producción de Aguascalientes; por lo tanto, se entiende que el trabajo adicional por encima del mínimo necesario, es determinante en la productividad, estableciendo un 100% = 0,4 jornales, lo que corresponde al nivel máximo de trabajo adicional, que es posible aplicar al mínimo para alcanzar 1,0 jornales por colmena al año.

Se puede entender la producción por colmena (Y) como dependiente de las siguientes variables, según la función:

$$Y = \Phi(L, H, T, Q)$$

[5.7]

Dónde:

L = La cantidad de trabajo aplicado a cada colmena durante el año, estimado en la primera etapa.

T y H = Las variables climáticas referentes a temperatura media (T) y precipitación (H). H representa la cantidad promedio de lluvia acumulada en el segundo semestre del año en milímetros, y T son las unidades promedio de temperatura media en el segundo semestre del año sobre grados centígrados.

Q = La proporción de superficie cosechada de cultivos de temporal en hectáreas.

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

$$\ln Y = cte + \alpha \ln L + \beta \ln H + \gamma \ln T + \delta \ln Q$$

[5.8]

Dónde: α , β , γ y δ , son las elasticidades de la producción por colmena Y , con respecto a las intensidades de “factores de producción” L , H , T y Q .

La dotación de recursos apibotánicos depende de la ubicación del apiario, y de la superficie cosechada de temporal (secano), a la que tuvo acceso dentro de un radio de pecoreo de 6 km, con ese dato se infirió la dotación de flora que proveyó de néctar a la cosecha del periodo octubre-noviembre. Dada una localización, pueden tomarse como exógenas las variables H , T , y Q , convenientemente estimadas, quedando sin embargo la intensidad de trabajo L , como una variable endógena de decisión de los productores apícolas. Se plantea como hipótesis que la intensidad de trabajo en las colmenas, es determinada por variables del mercado de trabajo, entre las que se incluyen los niveles de salario real de trabajadores agrícolas, y la tasa de crecimiento del PIB real en México.

Para minimizar los riesgos de regresión espuria, se incorporó dinamicidad al modelo, de manera que tenga en cuenta los posibles efectos a largo plazo, relacionados con un cambio en las condiciones de producción, incorporando como variable a explicar, la variable dependiente en primeras diferencias. Por ello, el modelo en primeras diferencias, con un retardo en las variables explicativas y una perturbación aleatoria u_t , es el expuesto a continuación:

$$\Delta \ln Y_t = cte + (\eta - 1)B \ln Y_t + (\alpha_1 + \alpha_2 B) \ln L_t + (\beta_1 + \beta_2 B) \ln H_t + (\gamma_t + \gamma_t B) \ln T_t + (\delta_t + \delta_t B) \ln Q_t + u_t \quad [5.9]$$

Donde “ B ” es el operador de retardos de manera que, por ejemplo, $\ln Y_{t-1} = B \ln Y_t$ y los parámetros de las variables explicativas pueden interpretarse como elasticidades a corto plazo.

Debido que el objetivo no es hacer pronósticos en el tiempo, sino estimar la producción de miel por colmena en función de variables referentes al clima, al uso del suelo y al trabajo aplicado, los pronósticos obtenidos con esta lógica de modelización no estarán hechos con base en el tiempo, sino con base en condiciones dadas en las variables explicativas en un año determinado.

Por otro lado, al procesar la base de datos obtenida con la encuesta aplicada en la fase de campo, para la elaboración de los modelos, era importante eliminar la regresión espuria en la medida de lo posible, ya que en el caso de que un modelo de regresión obtenido produzca estimaciones significativas y buena capacidad explicativa, pero que los residuos (o errores) no sean estacionarios, las conclusiones de las pruebas “ t de student” y “ F ” no serían válidas, y tal regresión, se denominaría como espuria, ya que estaría indicando una falsa relación entre la variable endógena con las exógenas, producto de que las tendencias de largo

plazo están correlacionadas, pero no así las variaciones en el corto plazo. Para corregir esto, en la especificación de los modelos de este trabajo, se aplicaron diferencias de 1er orden en la variable dependiente, las cuales son necesarias para transformar una serie histórica en estacionaria.

Se consideraron las series históricas de producción de miel por colmena, como no estacionarias, en su forma original. La no estacionariedad se corresponde con una tendencia creciente y unos ciclos, considerados como movimientos sistemáticos. Aplicando una primera diferencia a la serie original, se consideró la serie diferenciada, estacionaria. Se aplicó el logaritmo para conseguir una varianza aproximadamente constante de la serie de datos.

De esta forma las series pueden considerarse estacionarias en términos estocásticos, dado que ni poseen una tendencia ni ciclos, tan solo fluctuaciones irregulares. Las series históricas observadas no suelen ser estacionarias, y para transformarlas en estacionarias, se les suelen aplicar primeras diferencias.

Estas primeras diferencias dan lugar a un proceso estocástico estacionario, denominándose el proceso estocástico no estacionario previo a la diferenciación, como un camino aleatorio.

La estacionariedad estriba en satisfacer la exigencia, de que un proceso estocástico sea constante e independiente del tiempo, interpretándose esto como ausencia de movimientos sistemáticos, es decir, sin tendencias ni ciclos. La no estacionariedad afecta a la inferencia estocástica. Se califica como regresión espuria, la calculada entre dos series no estacionarias.

En una regresión entre dos series que sigan caminos aleatorios, no serían estacionarias ni las variables exógenas ni el componente de error. La estacionariedad, permitiría restringir la memoria del proceso e ignorar las

condiciones iniciales. De no cumplirse esta exigencia, se hablaría de una regresión espuria, conduciendo a inferencias falsas.

Se considera que un indicador de regresión espuria sería descubrir coeficientes “t de student” y “F” significativos, así como estadísticos Durbin-Watson bajos, por lo cual es recomendable no estimar las regresiones en niveles como:

$$Y_t = \alpha + \beta X_t + U_t \quad [5.10]$$

Sino en diferencias:

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta \Delta X_t + E_t \quad [5.11]$$

Aun cuando las perturbaciones aleatorias E_t , presentaran correlación serial del tiempo de medias móviles MA(1), los estimadores mínimo cuadráticos son consistentes, con lo que se evitan las regresiones espurias. Por tanto, estimar en diferencias, resolvería el problema de la inconsistencia.

En este proceso el R^2 que se obtiene es un R^2 en diferencias (R^2_D) debido a que en la modelación realizada para analizar la producción de miel, se introdujo dicha variable en diferencias y la misma variable retardada un periodo, el objetivo de aplicar este procedimiento es eliminar la regresión espuria y el R^2 así obtenido se puede interpretar como el R^2 en diferencias (R^2_D).

Los criterios de selección del modelo fueron; el valor ajustado del coeficiente de determinación en diferencias (R^2_D), los resultados de las pruebas de “F”, “t de student” y el estadístico “h” de Durbin. Todas las hipótesis se probaron al nivel del 5% de significancia.

Al trabajar con el estadístico “d” de Durbin-Watson para detectar la existencia de autocorrelación de 1er orden, se plantea que el mencionado estadístico trabaja con una hipótesis auxiliar, que consiste en un esquema autorregresivo de primer orden, o lo que es lo mismo que las perturbaciones se forman según la siguiente ecuación:

$$u_t = \hat{\rho} \cdot u_{t-1} + v_t \quad [5.12]$$

La cual ilustra un esquema autorregresivo de 1er orden, es decir la regresión de u_t sobre si misma, rezagada un período. Donde v_t es un término aleatorio que cumple todos los supuestos del término perturbación en el modelo lineal y donde $\hat{\rho}$ es el coeficiente de correlación entre u_t y u_{t-1} .

En cuanto a la relación entre los términos de error sucesivos, destaca el hecho de que los valores del estadístico “d” de Durbin-Watson, que se obtienen en las regresiones con mínimos cuadrados ordinarios, podrían indicar que aparentemente no existe correlación entre los términos de error, sobre todo cuando los valores de dicho estadístico son muy cercanos a 2. Sin embargo, dado que se están manejando modelos con retrasos en la variable endógena, la prueba “d” podría en cierto momento inducir a una interpretación falsa, por lo que se llevó a cabo el cálculo del estadístico “h” de Durbin que fue diseñado específicamente para diagnosticar la autocorrelación en estos casos, mediante la fórmula descrita anteriormente, en el apartado 4.3 que habla de modelos autorregresivos.

Función de producción de miel

Para llevar a cabo el modelo para analizar la producción de miel por colmena, se aplicó el procedimiento de Mínimos Cuadrados Bietápicos (Two-Stage Least Squares) descrito. En la primera etapa, se consideran las variables que determinan la cantidad de trabajo, expresado por el porcentaje de jornales adicionales aplicados a cada colmena al año, para realizar todas las actividades que esta requiere, con el propósito de estar en óptimas condiciones productivas.

Este proceso bietápico se llevó a cabo, con el objetivo de eliminar la endogeneidad de esta variable explicativa, al emplearla en la función de producción de miel en la segunda etapa, para esto se recurrió al empleo de las variables instrumentales; 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 en México, en lugar del valor total del PIB para disminuir problemas en los residuos, estas variables, con base en la revisión de literatura, se dedujo que están relacionadas con el comportamiento de la variable correspondiente a la proporción de jornales adicionales aplicados, pero no relacionadas con los términos de error de la función de producción final o de la segunda etapa, expresando los jornales empleados por colmena, aplicando logaritmos neperianos como se muestra en la ecuación [5.13].

$$\ln L = \alpha + \beta_1 \ln L_{-1} + \beta_2 \ln W + \beta_3 \ln TPIB \quad [5.13]$$

Dónde:

L = Proporción de jornales aplicados anualmente por colmena.

L_{-1} = Proporción de jornales aplicados anualmente por colmena el año pasado.

W = Precio del jornal en pesos mexicanos del 2003.

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

Mientras que, en la segunda etapa, la cantidad de trabajo aplicado por unidad productiva, junto con las variables correspondientes al clima y al uso del suelo, contribuyó a estimar la producción de miel por colmena, la primera etapa condujo a la estimación de la cantidad de trabajo aplicado a cada colmena, en la segunda etapa se obtuvo la función de producción de miel por colmena en función de:

- a) La cantidad de trabajo aplicado a cada colmena durante el año, estimado en la primera etapa.
- b) Las variables climáticas referentes a temperatura media y precipitación.
- c) La proporción de superficie cosechada de temporal a la que cada colmena tuvo acceso en función de la ubicación del apiario al que pertenece, infiriendo de esta forma la dotación de *Bidens spp.* que proveyó de néctar a la cosecha del periodo octubre-noviembre.

La función de producción de miel de abeja, se expresa de forma general aplicando logaritmos neperianos como se mostró en la ecuación [5.8]:

$$\ln Y = cte + \alpha \ln L + \beta \ln H + \gamma \ln T + \delta \ln Q$$

[5.8]

Se estimó un modelo para la variable instrumental, y luego se introdujo en el modelo general como otra variable, esto fue con el objetivo de evitar la endogeneidad, de la variable correspondiente al trabajo aplicado en el modelo elaborado para estimar la producción de miel por colmena. De esta forma se buscaron unos instrumentos que sustituyeran al regresor del

modelo concerniente al trabajo aplicado por colmena, expresado en jornales.

Especificación dinámica del modelo

En el caso de la función de producción de miel, las expresiones [5.13] y [5.8] son las que caracterizan el enfoque teórico adoptado, para determinar las principales variables que inciden en la producción de miel por colmena, debido a la necesidad de prevenir regresiones espurias, y de disminuir el riesgo de correlación serial entre los residuos de las regresiones.

En este caso se ha inducido dinamicidad, mediante la utilización de las distintas variables explicativas seleccionadas, con base en la revisión de literatura, expresadas tanto en niveles como en diferencias, adoptando para ello un retardo de primer orden. Se optó por partir de modelos sobreparametrizados, para después efectuar simplificaciones admisibles.

Es verdad que el número limitado de observaciones, correspondiente al periodo que abarca de 1998 al 2010, impidió la estimación de estructuras muy complejas, con una combinación de retardos amplia. No obstante, como mal menor, se incluyen los retardos de primer orden, lo cual amplió considerablemente el espectro posible de estructuras dinámicas a contrastar, como casos especiales del siguiente modelo sobreparametrizado de la función de producción de miel:

$$\begin{aligned} \Delta \ln Y = & \alpha + \beta_1 \ln Y_{-1} + \beta_2 \ln T + \beta_3 \Delta \ln T + \beta_4 \ln T_{-1} + \\ & \beta_5 \ln H + \beta_6 \Delta \ln H + \beta_7 \ln H_{-1} + \beta_8 \ln Q + \beta_9 \Delta \ln Q + \beta_{10} \ln Q_{-1} + \\ & \beta_{11} \ln L + \beta_{12} \Delta \ln L + \beta_{13} \ln L_{-1} \end{aligned}$$

[5.14]

$\Delta \ln Y$ = Diferencia del logaritmo de la producción de miel por colmena entre dos años sucesivos.

$\ln Y_{.1}$ = Logaritmo de la producción de miel por colmena del año anterior.

$\ln T$ = Logaritmo de la temperatura media del 3er y 4º trimestre (2º semestre) en Cº.

$\Delta \ln T$ = Diferencia del logaritmo de la temperatura media del 3er y 4º trimestre (2º semestre) entre dos años sucesivos en Cº.

$\ln T_{.1}$ = Logaritmo de la temperatura media del 3er y 4º trimestre (2º semestre) del año anterior en Cº.

$\ln H$ = Logaritmo de la precipitación pluvial del 3er y 4º trimestre (2º semestre) entre dos años sucesivos en mm.

$\Delta \ln H$ = Diferencia del logaritmo de la precipitación pluvial del 3er y 4º trimestre (2º semestre) entre dos años sucesivos en mm.

$\ln H_{.1}$ = El logaritmo de la precipitación pluvial del 3er y 4º trimestre (2º semestre) del año anterior en mm.

$\ln Q$ = El logaritmo de la proporción de superficie cosechada de cultivos de temporal (secano) en ha.

$\Delta \ln Q$ = Diferencia entre el logaritmo de la proporción de superficie cosechada de cultivos de temporal (secano) entre dos años sucesivos en ha.

$\ln Q_{.1}$ = El logaritmo de la proporción de superficie cosechada de cultivos de temporal (secano) del año anterior en ha.

$\ln L$ = Diferencia entre el logaritmo de la proporción de jornales aplicados anualmente por colmena en %.

$\Delta \ln L$ = Diferencia entre el logaritmo de la proporción de jornales aplicados anualmente por colmena entre dos años sucesivos en %.

$\ln L_{-1}$ = Logaritmo de la proporción de jornales aplicados anualmente por colmena del año anterior en %.

Simulación de escenarios

Una vez obtenido el modelo, se procedió a realizar la simulación de dos de los escenarios climáticos previstos por el INE (Instituto de Ecología y Cambio Climático), para el Estado de Aguascalientes correspondientes a los años 2020 y 2050, cuyas predicciones tienen el 2001 como año base (Instituto Nacional de Ecología [INE], 2013).

Las series de datos correspondientes a la temperatura y a la precipitación, para los años posteriores al 2010, se calcularon dividiendo el incremento o decremento previsto para cada variable, entre los años que componían el periodo de 2011 a 2020 y de 2021 a 2050 respectivamente.

Para generar la serie de datos, correspondiente a la proporción de superficie cosechada de cultivos de temporal (secano), se consideró el hecho, de que entre el 80% y 90% de la superficie cultivada de granos en la zona de estudio, corresponde al maíz, por lo que se realizó una extrapolación para el Estado de Aguascalientes, de 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 áreas favorables en México para cultivar el maíz.

La variable referente a la cantidad de trabajo aplicado, se mantuvo constante para la estimación de la producción de miel por colmena, desde el año 2011 al 2050, con el propósito de observar la manera en la que

responde la productividad de las colmenas, ante los cambios en las variables que el hombre no puede controlar.

CAPÍTULO 6.

Resultados y discusión



Flores de Lampote.

6.1. Modelo bioeconómico de producción de miel por colmena

En la elaboración del modelo se contrastó la exogeneidad de la variable explicativa “L”, mediante el método de Mínimos Cuadrados en dos etapas (Two-Stage Least Squares), empleando tres variables como instrumentos; el porcentaje de jornales adicionales usados por colmena en el año anterior por unidad productiva (L_{t-1}), el precio del jornal deflactado a precios constantes de 2003 (W) y la tasa de crecimiento del PIB (TPIB) de México.

Con base en trabajos sobre la productividad de las colmenas (Abdul-Malik & Mohammed, 2012; Ramananarivo et al., 2011; Vural & Karaman, 2010), se dedujo que las variables mencionadas, están relacionadas con los jornales usados, pero no con los componentes del modelo de la segunda etapa. De esta forma se utilizó una variable instrumental, que sustituyera al regresor de la función de producción de miel, concerniente al trabajo aplicado por colmena (L). La segunda etapa permite estimar la producción de miel por colmena, dando lugar al modelo mostrado en el Cuadro 10.

Con base en los datos ilustrados en el Cuadro 10, se puede observar que el modelo es significativo tanto a nivel global, como en el caso de cada variable que lo conforma, como lo demuestran las pruebas de “F” y “t de student” respectivamente a un nivel de significancia del 5%, asimismo, observando el resultado del estadístico “h” de Durbin, se descarta la presencia de correlación serial de primer orden.

Cuadro 10. Modelo de kg de miel por colmena (Two-Stage Least Squares)

Variable dependiente: $\Delta \ln Y_t$

Instrumentos: $\ln L_{t-1}$, $\ln W_t$, $\ln TPIB_t$

Variable	Coficiente	Error Std.	t-Estadístico	Prob.
<i>C</i>	1,707957	0,568260	3,005590	0,0028
$\ln Y_{t-1}$	-1,114216	0,039369	-28,30159	0,0000
$\ln T$	-0,416959	0,159883	-2,607904	0,0093
$\ln H$	0,233976	0,055835	4,190524	0,0000
$\ln Q$	-0,434750	0,089901	-4,835871	0,0000
$\Delta \ln Q$	0,435484	0,090964	4,787424	0,0000
$\ln Q_{t-1}$	0,435444	0,090524	4,810283	0,0000
$\ln L$	0,475480	0,048873	9,728873	0,0000
R^2 en diferencias	0,712530			
R^2 en diferencias ajustado	0,709504			
F-statistic	255,9644			
Prob(F-statistic)	0,000000			
Estadístico "h" de Durbin	-0,587956			

Fuente: Elaboración propia con datos de 1998 a 2010.

Una vez verificados los criterios de validez anteriores, aplicando el álgebra correspondiente, se procedió a la representación del modelo para estimar los kg de miel por colmena, como se muestra a continuación:

$$\Delta \ln Y = 1,7079 - 1,1142 * \ln Y_{-1} - 0,4169 * \ln T + 0,2339 * \ln H - 0,4347 * \ln Q + 0,43548 * \Delta \ln Q + 0,43544 * \ln Q_{-1} + 0,4754 * \ln L$$

[6.1]

$$\ln Y - \ln Y_{-1} = 1,7079 - 1,1142 * \ln Y_{-1} - 0,4169 * \ln T + 0,2339 * \ln H - 0,4347 * \ln Q + 0,43548 * (\ln Q - \ln Q_{-1}) + 0,43544 * \ln Q_{-1} + 0,4754 * \ln L \quad [6.2]$$

$$\ln Y - \ln Y_{-1} = 1,7079 - 1,1142 * \ln Y_{-1} - 0,4169 * \ln T +$$

$$0,2339 * \ln H + (0,43548 - 0,4347) * \ln Q +$$

$$(0,43544 - 0,43548) * \ln Q_{-1} + 0,4754 * \ln L$$

[6.3]

$$\ln Y = 1,7079 + (1 - 1,1142) * \ln Y_{-1} - 0,4169 * \ln T +$$

$$0,2339 * \ln H + (0,43548 - 0,4347) * \ln Q + \quad [6.4]$$

$$(0,43544 - 0,43548) * \ln Q_{-1} + 0,4754 * \ln L$$

$$\ln Y = 1,7079 - 0,114216 * \ln Y_{-1} - 0,4169 * \ln T + 0,2339 * \ln H +$$

$$0,000734 * \ln Q + 0,00004 * \ln Q_{-1} + 0,4754 * \ln L \quad [6.5]$$

$$\ln Y = \ln \left(\begin{array}{l} e^{1,7079} * Y_{-1}^{-0,114216} * T^{-0,4169} * H^{0,2339} * Q^{0,000734} * Q_{-1}^{0,00004} * \\ L^{0,4754} \end{array} \right)$$

[6.6]

$$Y = e^{1,7079} * Y_{-1}^{-0,114216} * T^{-0,4169} * H^{0,2339} * Q^{0,000734} * Q_{-1}^{0,00004} * L^{0,4754}$$

[6.7]

Para seleccionar este modelo se tomaron en cuenta como criterios; el valor ajustado del coeficiente de determinación en diferencias (R2D) y los resultados de las pruebas de “F”, “t-student”, así como el estadístico “d” de Durbin-Watson y la “h” de Durbin. Todas las hipótesis se probaron al nivel del 5% de significancia.

El modelo resultante permite estimar la producción de un año en particular, en función de los kg cosechados por colmena en el año anterior, la temperatura media y la precipitación del segundo semestre del año, la proporción de superficie cosechada de temporal que el apiario tuvo

disponible durante el año corriente y el pasado, así como de la proporción de 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 temperatura media aumenta en un 1%, la producción por colmena se reduce en 0,4169%, y cuando los niveles de lluvia se incrementan en 1%, la producción de miel por colmena aumenta en 0,234%. 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; Gordo & Sanz, 2006; Gordo et al., 2010), y con la productividad de la fuente de néctar (Funes et al., 2009; Vibrans, 1995).

La variable a través de la cual se infiere la dotación de recursos apibotánicos, es la proporción de superficie cosechada de cultivos de temporal (secano), donde acuden las abejas a pecorear, el modelo obtenido demuestra esta dependencia, revelando que al aumentar la proporción de superficie cosechada de temporal del año anterior en 1%, la producción de miel por colmena aumentará en 0,00004%, y al aumentar la del año corriente en la misma proporción, la producción aumentará en 0,000734%. Esta relación directa muestra como el dato del año corriente, a pesar de ser pequeño, determina en mayor medida la productividad de las colmenas.

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 0,475%, este incremento sólo es válido en el intervalo de 0,6 a un jornal por colmena al año, como se especificó en apartados anteriores.

El modelo generado, apunta a una reducción de la producción de miel del 0,114%, 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 ecuación [6.5], la cual, es el modelo final [6.7] linealizado.

$$\ln Y = 1,7079 - 0,114216 * \ln Y_{-1} - 0,4169 * \ln T + 0,2339 * \ln H + 0,000734 * \ln Q + 0,00004 * \ln Q_{-1} + 0,4754 * \ln L \quad [6.5]$$

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

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

$$\ln Q \approx \ln Q_{-1}$$

$$Y = \ln Y$$

$$X_1 = \ln T$$

$$X_2 = \ln H$$

$$X_3 = \ln Q$$

$$X_4 = \ln L$$

$$Y = C - \beta_1 Y - \beta_2 X_1 + \beta_3 X_2 + \beta_4 X_3 + \beta_5 X_3 + \beta_6 X_4$$

[6.8]

$$Y + \beta_1 Y = C - \beta_2 X_1 + \beta_3 X_2 + \beta_4 X_3 + \beta_5 X_3 + \beta_6 X_4 \quad [6.9]$$

$$(1 + \beta_1)Y = C - \beta_2 X_1 + \beta_3 X_2 + \beta_4 X_3 + \beta_5 X_3 + \beta_6 X_4 \quad [6.10]$$

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

[6.11]

Sustituyendo los valores de las variables:

$$\ln Y = \frac{1,7079}{(1 + 0,114216)} - \frac{0,4169}{(1 + 0,114216)} X_1 + \frac{0,2339}{(1 + 0,114216)} X_2 + \frac{0,000734 + 0,00004}{(1 + 0,114216)} X_3 + \frac{0,4754}{(1 + 0,114216)} X_4$$

[6.12]

$$\ln Y = 1,532827 - 0,374164X_1 + 0,209923X_2 + 0,000695X_3 + 0,426668X_4 \quad [6.13]$$

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

$$\ln Y = \ln \left(e^{1,532827} * X_1^{-0,374164} * X_2^{0,209923} * X_3^{0,000695} * X_4^{0,426668} \right) \quad [6.14]$$

$$Y = e^{1,532827} * X_1^{-0,374164} * X_2^{0,209923} * X_3^{0,000695} * X_4^{0,426668} \quad [6.15]$$

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 media, precipitación, trabajo y superficie cosechada. 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 11.

Cuadro 11. Coeficientes de elasticidades a corto y largo plazo

Variable	Elasticidad a corto plazo	Elasticidad a largo plazo
<i>T</i>	-0,416959	-0,374164
<i>H</i>	0,233976	0,209923
<i>Q</i>	0,000734	0,000695
<i>L</i>	0,475480	0,426668

Fuente: Elaboración propia con datos de 1998 a 2010.

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 11). 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.

6.2. Capacidad predictiva del modelo

Se empleó la metodología de modelación descrita en el Capítulo 5, 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 2007,

después se realizaron predicciones para los años 2008, 2009 y 2010, dando lugar al modelo mostrado en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Modelo de kg de miel por colmena (Segundo modelo)

Variable dependiente: $\Delta \ln Y_t$

Instrumentos: $\ln L_{t-1}$, $\ln W_t$, $\ln TPIB_t$

Variable	Coefficiente	Error Std.	t-Estadístico	Prob.
C	2,0852	0,6509	3,2035	0,0014
$\ln Y_{t-1}$	-1,0825	0,0454	-23,863	0,0000
$\ln T$	-0,6393	0,1902	-3,3606	0,0008
$\ln H$	0,1901	0,0623	3,0509	0,0024
$\ln Q$	-0,6128	0,1435	-4,2689	0,0000
$\Delta \ln Q$	0,6185	0,1439	4,2979	0,0000
$\ln Q_{t-1}$	0,6167	0,1443	4,2742	0,0000
$\ln L$	0,5683	0,0543	10,462	0,0000
R^2 en diferencias	0,6353			
Adjusted R-squared	0,6314			
F-statistic	202,5452			
Prob(F-statistic)	0,0000			
Estadístico "h" de Durbin	0,5008			

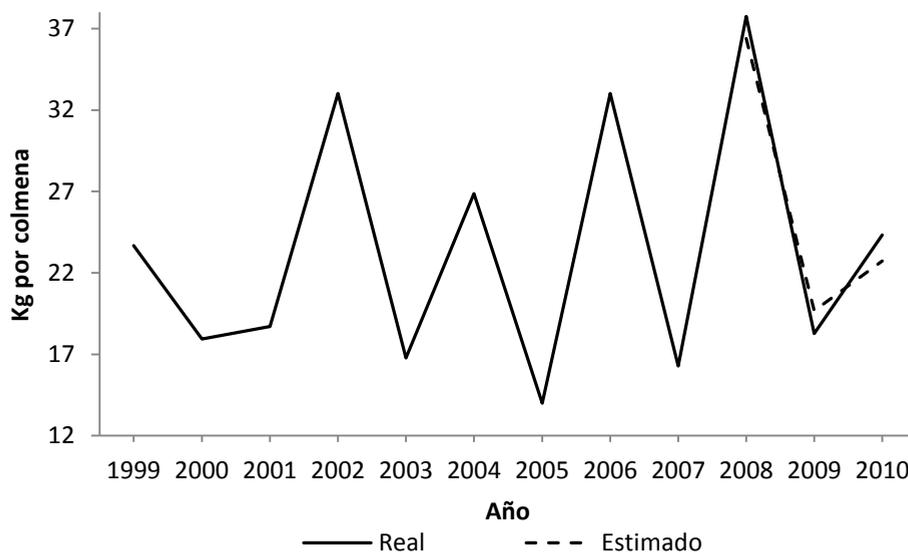
Fuente: Elaboración propia con datos de 1998 a 2010.

Posteriormente empleando el mismo desarrollo aplicado en las ecuaciones [6.1] a [6.7], se procedió a la representación del modelo para estimar los kg de miel por colmena:

$$Y = e^{2,0852} * Y_{t-1}^{-0,0825} * T^{-0,6393} * H^{0,1901} * Q^{0,0057} * Q_{t-1}^{0,0018} * L^{0,5683}$$

[6.16]

El contraste de los datos reales contra los resultados estimados por el modelo se detalla en el Cuadro 13, y el detalle para los tres últimos años se muestra en la Figura 7.



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

Figura 7. Capacidad predictiva del modelo

El error porcentual absoluto medio de los tres últimos años es del 5,96%, lo que indica la utilidad del modelo para realizar predicciones, al menos en un período trianual (Cuadro 13).

En este modelo los exponentes de las variables explicativas de la ecuación [6.16], representan las elasticidades de la cantidad de kg por colmena con respecto a los valores que toma cada variable explicativa; miden el cambio porcentual en los kg por colmena obtenidos, debido a una variación del 1% en cada variable independiente, manteniendo las otras constantes.

Cuadro 13. Validación del modelo (Kg por colmena reales vs predichos)

Año	Real	Estimado
2010	24,32	22,72
2009	18,27	19,68
2008	37,75	36,39
2007	16,28	
2006	33,01	
2005	13,99	
2004	26,87	
2003	16,78	
2002	33,01	
2001	18,71	
2000	17,95	
1999	23,68	

Fuente: Elaboración propia con datos de 1998 a 2010.

La variable correspondiente a la temperatura media observada en el segundo semestre del año, indica que cuando esta aumenta en un 1%, la producción por colmena se reduce en 0,6393%. 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; Gordo & Sanz, 2006; Gordo et al., 2010), como entre dicha variable, y la productividad de la principal fuente de néctar de la segunda temporada (Funes et al., 2009; Vibrans, 1995).

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 0,1901%.

La proporción de superficie cosechada de cultivos de temporal (secano), es la variable con la que se infiere la dotación de recursos apibotánicos. El modelo obtenido demuestra esta dependencia, donde se observa que al aumentar la proporción de superficie cosechada de temporal del año anterior en 1%, la producción de miel por colmena aumentará en 0,0018%, y al aumentar la del año corriente en la misma proporción, la producción aumentará en 0,0057%. Esta relación directa muestra como el dato del año corriente, a pesar de ser pequeño, señala que es el que determina en mayor medida la productividad de las colmenas.

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 0,5683%, 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 a la baja de la producción de miel del 0,0825% 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.

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 media, precipitación, trabajo y superficie cosechada. Para esto se calcularon las elasticidades de largo plazo asumiendo que $\ln Y_t = \ln Y_{t-1}$, obteniendo las elasticidades del Cuadro 14.

Cuadro 14. Coeficientes de elasticidades a corto y largo plazo

Variable	Elasticidad a corto plazo	Elasticidad a largo plazo
<i>T</i>	-0,6393	-0,5906
<i>H</i>	0,1901	0,1756
<i>Q</i>	0,0057	0,0069
<i>L</i>	0,5683	0,5250

Fuente: Elaboración propia con datos de 1998 a 2008.

Como se observó en el primer modelo, el cual considera la serie de datos completa desde el año 1998 hasta el 2010, en el caso del segundo (con datos de 1998 a 2008) las elasticidades a corto plazo resultaron similares a las de largo plazo (Cuadro 14), destacando que las de largo plazo fueron ligeramente menores a las de corto, esto mostró que el sistema reacciona a cambios en el corto plazo, los cuales se atenúan gradualmente a lo largo del tiempo. Este comportamiento apunta a que los cambios en las variables del modelo en el corto plazo pueden ser relevantes, para prever el rendimiento de miel por colmena en periodos futuros.

6.3. Escenarios posibles

Con base en el modelo expuesto en la ecuación [6.7], se procedió a simular la producción de miel bajo dos de los escenarios previstos por el INE, para el Estado de Aguascalientes.

$$Y = e^{1,7079} * Y_{-1}^{-0,114216} * T^{-0,4169} * H^{0,2339} * Q^{0,000734} * Q_{-1}^{0,00004} * L^{0,4754}$$

[6.7]

Tales escenarios corresponden a los años 2020 y 2050, tomando como punto de partida para las predicciones de ambos periodos el año 2001 (INE, 2013), en ambos se observan cambios importantes en las variables referentes a temperatura y precipitación (Cuadro 15), que junto con la superficie cosechada y el trabajo aplicado, componen la función de producción de miel obtenida.

Cuadro 15. Escenarios de cambio climático 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.

Debido a que entre el 80% y 90% de la superficie cultivada de granos en la zona de estudio corresponde al maíz, con predominio del maíz blanco (Cruz-Delgado et al., 2006; Peinado-Guevara, 2010), para hacer las estimaciones correspondientes a la variable identificada como proporción de superficie cosechada de temporal, requerida por el modelo para los años 2020 y 2050, se realizó una extrapolación para el Estado de Aguascalientes de las predicciones realizadas por Ballesteros-Barrera et al. (2011), quien tomó como base el año 2010, para calcular la disminución de las áreas en donde se encontrarán condiciones favorables para cultivar el maíz en México, señalando 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 reducción del 16% y 34% respectivamente (Ballesteros-Barrera, Jiménez-García, & Hernández-Cárdenas, 2011). Se calcularon dichos porcentajes para la zona de estudio, tomando como base su superficie cosechada correspondiente al año 2010, para generar la serie de datos hasta los años 2020 y 2050.

El porcentaje de jornales adicionales usados que se consideró para modelar los escenarios de los años 2020 y 2050, fue el promedio del periodo de los años 1999 a 2010, se mantuvo esta variable constante desde el año 2011 hasta el 2050, para prestar atención a las variables fuera del control de los apicultores, las cuales demuestran el impacto de los cambios climáticos de cada escenario, sobre el rendimiento de las colmenas, asumiendo la posibilidad de que los embates desfavorables del clima en el rendimiento por colmena, pueden ser mitigados aplicando una cantidad de trabajo mayor, hecho que inevitablemente aumentaría los costos de producción y el precio del producto, pero que está limitada a la disposición de un jornal por colmena anual, que es la máxima cantidad de control que el apicultor puede ejercer ante una labor productiva sujeta a condiciones, en su mayoría, fuera del control humano.

Cuadro 16. Rendimiento promedio según la función de producción

Periodo	Rendimiento promedio ^{/a}	Cambio en el rendimiento ^{/a}	Cambio %	Pérdida económica ^{/b}
1998-2010	23,387			
2011-2020	22,970	-0,417	-1,78 %	\$16,26
2021-2050	22,395	-0,992	-4,24 %	\$38,69

/a. kg por colmena

/b. Pérdida económica por colmena

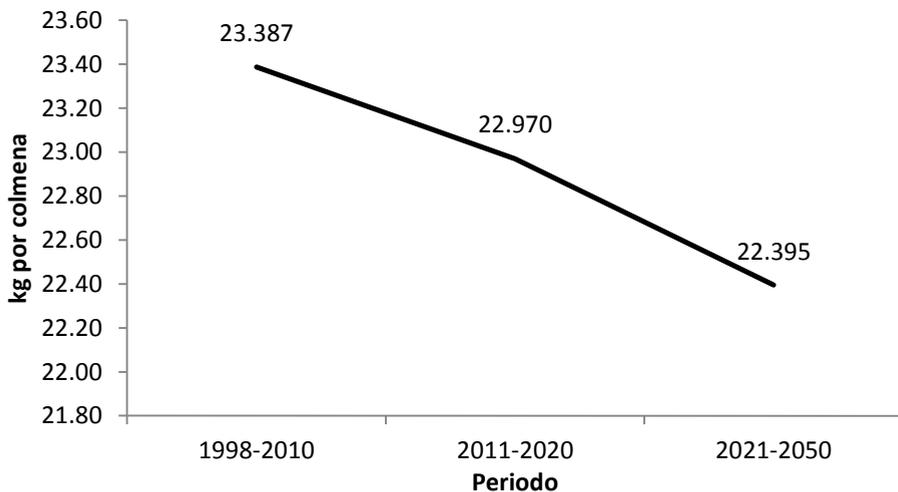
1998-2020 es el periodo base.

La pérdida económica por colmena se expresa en Pesos Mexicanos de 2012, a un tipo de cambio de 18,75 Pesos Mexicanos por Euro.

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

Debido a que las predicciones realizadas por el INE para las variables temperatura y precipitación de los escenarios 2020 y 2050, parten del año 2001, las cifras de los periodos anuales de dichas variables, para calcular el rendimiento de miel promedio por colmena a nivel estatal, desde el 2011 al 2050, se realizaron tomando el año 2001 como base, los valores de 1998 a 2010, fueron datos reales.

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 1998-2010, que corresponde a 23,387 kg; para el periodo 2011 a 2020, dicho rendimiento promedio habrá disminuido 1,784%, y para el periodo 2021 a 2050 se habrá reducido en 4,244%, lo que representará una pérdida de ingresos económicos por \$16,26 y \$38,69 pesos por colmena respectivamente para los últimos dos periodos futuros mencionados, considerando el precio de \$39,00 Pesos Mexicanos por kg de miel (SAGARPA, 2012), del mes de octubre de 2012 (Cuadro 16).



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

Figura 8. Producción promedio por colmena

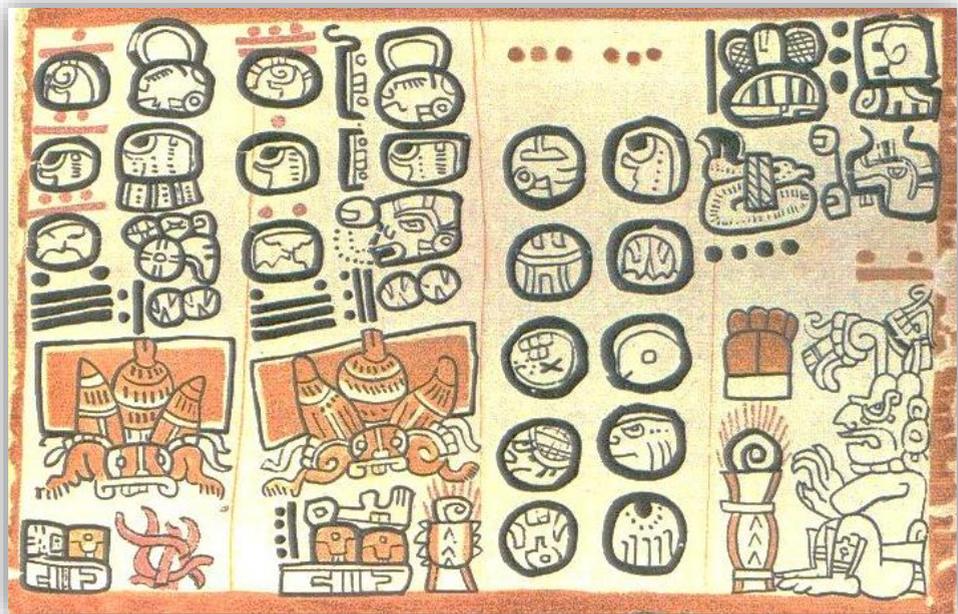
Se observa una tendencia a la baja en el rendimiento promedio de miel por colmena en la totalidad del área de estudio, correspondiente al Estado de Aguascalientes, según los datos reales obtenidos para el periodo de 1998

a 2010, y las predicciones de producción promedio realizadas con base en los escenarios climáticos previstos por el INE (Figura 8).

Suponiendo que la población de 8,910 colmenas perdurara hasta los años 2020 y 2050, la cual constituyó el inventario de colmenas del año 2010 de la zona de estudio, con la función de producción propuesta se estiman pérdidas de alrededor de \$144.876,6 y \$344.727,9 pesos mexicanos (del año 2013) respectivamente, en el Estado de Aguascalientes (8.690,86€ y 20.679,54€ respectivamente, al tipo de cambio de julio, 2013).

CAPÍTULO 7.

Conclusiones



Hoja del Códice Dresden. Representación del Dios Ah Mucen Cab, Dios Descendente identificado con las abejas y con el sol.

Bajo la aplicación de condiciones homogéneas de tecnología y manejo técnico, tanto el clima como la cantidad de trabajo aplicado, son determinantes en el comportamiento de la productividad de las colmenas; se observó una relación negativa, entre esta variable con la temperatura media y la producción del año próximo pasado, por otro lado, con las variables correspondientes a precipitación pluvial, trabajo aplicado y proporción de superficie cosechada de temporal tuvo lugar una relación positiva.

La fuerte dependencia de la producción por colmena con la temperatura y la precipitación, indica que las fluctuaciones climáticas son las principales responsables, de la variabilidad interanual de los rendimientos de miel, dada su influencia sobre las características fenológicas de las abejas, y de la principal fuente de néctar en particular, distribuida en la superficie cosechada de cultivos de temporal dentro del rango de pecoreo de los apiarios.

Las abejas podrían considerarse de los indicadores más precisos y sensibles de cambios en el clima, y esto se evidencia al observar en la función de producción, como estas variaciones han afectado el rendimiento de miel por unidad productiva. Por lo cual, las abejas podrían llegar a ser bioindicadores confiables, del comportamiento del eslabón de producción en la cadena de valor apícola, en la elaboración de modelos bioeconómicos, para explicar las causas de determinadas pautas de producción en un ecosistema determinado.

Desafortunadamente, para el diseño de modelos bioeconómicos, las abejas han recibido muy poca atención en comparación con otros grupos de animales, debido a su poca popularidad, los resultados de este estudio

muestran la relevancia de considerar la fenología de esta especie, para entender los factores determinantes de la producción de derivados de la colmena. Razón por la cual, para futuras investigaciones relacionadas con la modelación bioeconómica de la producción apícola, se recomienda identificar los parámetros óptimos de temperatura, precipitación pluvial, trabajo aplicado y proporción de superficie cosechada de temporal, ideales para alcanzar la máxima productividad de las colmenas, dadas las condiciones particulares del ecosistema en el que se desarrollen.

Dado que el modelo tipo Cobb-Douglas estimado, no permite determinar los niveles óptimos de temperatura, precipitación, superficie cosechada de temporal y trabajo aplicado, se podrían considerar modelos alternativos, que permitan incluir variables económicas que faciliten la elección de opciones tecnológicas. Además, se pueden plantear distintos modelos de función de producción alternativos al considerado en este trabajo. Esto sería de gran ayuda en la planeación y determinación, de los niveles de producción de miel en el Estado de Aguascalientes, así como en el diseño de medidas de política para el sector.

Al emplear el modelo bioeconómico propuesto, para realizar pronósticos de producción bajo diferentes escenarios, en los que las variables referentes al clima y a la superficie cosechada se ven afectadas, se observó un decremento en el rendimiento de miel por colmena, lo cual implicará pérdidas económicas por concepto de la cosecha de miel, para los periodos 2011-2020 y 2021-2050.

Si este hecho se observa de forma ingenua, las pérdidas económicas que tendrán lugar en el futuro no parecen ser muchas, pero por otro lado, al llevar a cabo el análisis de tal decremento de una forma holística, desde la perspectiva de los futuros escenarios de cambio climático previstos, el panorama es diferente. El decremento previsto en la productividad de las

colmenas reflejará, no solo como los cambios en el ecosistema tienen implicaciones económicas en la apicultura, dada la sensibilidad de los insectos empleados para ejercerla, y de las fuentes de néctar involucradas en cada temporada, sino también, en los cultivos con los que interactúan las abejas de diferentes formas.

Aunque en apariencia, las pérdidas económicas esperadas en la apicultura, no sean tan elevadas respecto a las ganancias que otras actividades agropecuarias pueden proporcionar, y que podrían compensar los ingresos que dejarían de percibirse por la cosecha de derivados de la colmena; analizando el sistema agroalimentario en su conjunto, las abejas habrán reducido ya sea su actividad, o su capacidad productiva, y por lo tanto, contribuirán en menor medida al desarrollo de otras plantas, provocando pérdidas no sólo económicas sino también de biodiversidad, lo que podría generar un desequilibrio radical en la red de alimentación humana, considerando que gran parte de la producción global agrícola depende la polinización animal, la cual es en buena medida ejecutada por las abejas, cuando llevan a cabo sus labores de producción de miel y derivados de la colmena.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



Abeja pecoreando en una flor de aceitilla.

- 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., Rejekiingrum, 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
- Asociación Nacional del Café (ANACAFE). (2004). Apicultura - Programa de diversificación de ingresos en la empresa cafetalera (pp. 20). Guatemala, Guatemala: Autor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agricultural Research Service-United States Department of Agriculture (ARS-USDA). (2007). Colony Collapse Disorder Action Plan (pp. 27). USA: Autor.
- Agricultural Research Service-United States Department of Agriculture (ARS-USDA). (2012). Colony Collapse Disorder Progress Report (pp. 7). USA: Autor.
- Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA). (2011). Situación actual y perspectiva de la apicultura en México. *Claridades Agropecuarias*, 199, 3-34.
- Babbie, E. (2012). *The practice of social research* (13 ed.). Belmont, California: Cengage Learning.
- 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.
- Banco de México (BANXICO). (2010). Balanza Agropecuaria y Agroindustrial: Comparativo de Ene 2009 vs Ene 2010 (pp. 6). México, D.F.: Autor.
- 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*. 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

- Bauder, J. W., & Randall, G. W. (1982). Regression Models for Predicting Corn Yields from Climatic Data and Management Practices1. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 46(1), 158-161. doi: 10.2136/sssaj1982.03615995004600010039x
- Bradbear, N. (2005). *La apicultura y los medios de vida sostenibles*. 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 (pp. 102): Cornell University.
- Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (1973). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Boston, Massachusetts: R. McNally College Publishing Company.
- 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.
- 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.
-

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cochran, W. G. (1977). *Sampling Techniques* (3rd ed.): Wiley.
- Codex-Alimentarius. (1981). CODEX Norma para la miel. *Codex Alimentarius, International Food Standards, CODEX STAN 12-1981*, 1-9.
- Coelho, D. T., & Dale, R. F. (1980). An Energy-Crop Growth Variable and Temperature Function for Predicting Corn Growth and Development: Planting to Silking¹. *Agron. J.*, 72(3), 503-510. doi: 10.2134/agronj1980.00021962007200030023x
- 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.
- Comisión Nacional de Zonas Áridas-Instituto Nacional de Ecología (CONAZA-INE). (1994). Mezquite *Prosopis* spp. cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas de México (1 ed., pp. 31). México, D.F.: Secretaría de Desarrollo Social.
- 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*. México, D.F.: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).
- 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.
- Champetier, A., Sumner, D. A., & Wilen, J. E. (2010). The Bioeconomics of Honey Bees and Pollination (pp. 35). Davis, California: University of California.
- Champetier, A., Sumner, D. A., & Wilen, J. E. (2012). The Bioeconomics of Honey Bees and Pollination (pp. 40). Davis, California: University of California.

- 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
- Chen, C.-C., McCarl, B., & Schimmelpfennig, D. (2004). Yield Variability as Influenced by Climate: A Statistical Investigation. *Climatic Change*, 66(1-2), 239-261. doi: 10.1023/B:CLIM.0000043159.33816.e5
- Christensen, L. B. (2007). *Experimental Methodology* (10 ed.). South Alabama, USA: Pearson/Allyn & Bacon.
- Danka, R. G., & Beaman, L. D. (2007). Flight Activity of USDA–ARS Russian Honey Bees (Hymenoptera: Apidae) During Pollination of Lowbush Blueberries in Maine. *Journal of economic entomology*, 100(2), 267-272.
- Danka, R. G., Sylvester, H. A., & Boykin, D. (2006). Environmental influences on flight activity of USDA-ARS Russian and Italian stocks of honey bees (Hymenoptera: Apidae) during almond pollination. *Journal of economic entomology*, 99(5), 1565-1570.
- 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*. Paper presented at the 2007 Entomological Society of America Annual Meeting.
- 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.
-

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Elias, F., & Castellvi, F. (2001). *Agrometeorología* (2a ed.). Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database (FAOSTAT). (2013). EXPORTS: Countries by commodity. *The agricultural trade domain*. Retrieved June 08, 2013, from <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=342&lang=en>
- Fernández-Collado, C., & Dahnke, G. L. (1986). Investigación y comunicación. *La comunicación humana: ciencia social* (pp. 385-454). México D.F.: Mac Graw-Hill.
- 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.
- 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.
- García, 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
- González-Olivares, E. (1998). Una clase de modelos bioeconómicos continuos. *Investigaciones marinas*, 26, 109-117. doi: 10.4067/S0717-71781998002600010
-

- González, J. I., Angulo, M. V., & López, C. (2010). Pobreza y Cambio Climático (pp. 53): 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.
- Harrington, R., Woiwod, I., & Sparks, T. (1999). Climate change and trophic interactions. *Trends in Ecology & Evolution*, *14*(4), 146-150. doi: 10.1016/S0169-5347(99)01604-3
-

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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
- Hegland, S. J., Nielsen, A., Lázaro, A., Bjercknes, A.-L., & Totland, Ø. (2009). How does climate warming affect plant-pollinator interactions? *Ecology Letters*, 12(2), 184-195. doi: 10.1111/j.1461-0248.2008.01269.x
- 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
- Hu, Q., & Buyanovsky, G. (2003). Climate Effects on Corn Yield in Missouri. *Journal of Applied Meteorology*, 42(11), 1626-1635. doi: 10.1175/1520-0450(2003)042<1626:CEOCYI>2.0.CO;2
- 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
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2009). *Manual de apicultura básica para Honduras* (1a ed.). Tegucigalpa, Honduras: Autor.
- Instituto Nacional de Ecología (INE). (2013). El Cambio Climático en México, Información por Estado y Sector. *El Cambio Climático en México*. Retrieved July 10, 2013, from http://www2.inecc.gob.mx/cclimatico/edo_sector/estados/futuro_aguascalientes.html
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (1984). Anuario Estadístico de Aguascalientes 1984 (Vol. 1, pp. 27). Aguascalientes, México: Autor.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2002). Anuario estadístico del Estado de Aguascalientes (pp. 201). Aguascalientes, México: Autor.
-

- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2011). Anuario estadístico del Estado de Aguascalientes (pp. 210). Aguascalientes, México: Autor.
- Iwasa, Y., & Levin, S. A. (1995). The timing of life history events. *Journal of Theoretical Biology*, 172(1), 33-42. doi: 10.1006/jtbi.1995.0003
- 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.
- Jonzén, N., Hedenström, A., & Lundberg, P. (2007). Climate change and the optimal arrival of migratory birds. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1607), 269-274. doi: 10.1098/rspb.2006.3719
- 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). *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.
- Kerlinger, F. N. (1981). *Enfoque conceptual de la investigación del comportamiento*. México, D.F.: Nueva Editorial Interamericana.
- Kerlinger, F. N., & Lee, H. B. (2002). *Investigación del comportamiento* (4 ed.). México, D.F.: McGraw Hill.
-

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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
- 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.
- Martin, S. W., Barnett, B. J., & Coble, K. H. (2001). Developing And Pricing Precipitation Insurance. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 26(01), 261-274.
- Mata-Espinosa, J. H., & Talavera-Magaña, D. (2007). La flora apícola de San Luis Potosí: La aceitilla. *El Cenzontle*, 2(5), 15.
- Mata-Espinosa, J. H., & Talavera-Magaña, D. (2008a). La flora apícola de San Luis Potosí: El Mezquite. *El Cenzontle*, 3(2), 19.
- Mata-Espinosa, J. H., & Talavera-Magaña, D. (2008b). La flora apícola de San Luis Potosí: Lampote. *El Cenzontle*, 3(1), 20.
- Medina-Flores, C. A., Guzmán-Novoa, E., Aréchiga-Flores, C. F., Aguilera-Soto, J. I., & Gutiérrez-Piña, F. J. (2011). Efecto del nivel de
-

- infestación de *Varroa destructor* sobre la producción de miel de colonias de *Apis mellifera* en el altiplano semiárido de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 2(3), 313-317.
- 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.
- Murua, J. R., & Albisu, L. M. (1993). Eficiencia técnica en la producción porcina de Aragón. *Investigación agraria. Economía*, 8(2), 239-251.
- Neumann, K., Verburg, P. H., Stehfest, E., & Müller, C. (2010). The yield gap of global grain production: A spatial analysis. *Agricultural Systems*, 103(5), 316-326. doi: 10.1016/j.agsy.2010.02.004
- 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.
- Organización Nacional de Apicultores (ONA). (2007). Plan Rector Apícola Nacional (pp. 93). México, D.F.: Autor.
-

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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. *Documentos de trabajo de gestión, comercialización y finanzas agrícolas* (pp. 89). Santiago, Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
- Parmesan, C. (2006). Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 37, 637–669. doi: 10.1146/annurev.ecolsys.37.091305.110100
- 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
- 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.
- 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
- Post, E., Forchhammer, M. C., Stenseth, N. C., & Callaghan, T. V. (2001). The timing of life–history events in a changing climate. *Proceedings*

- of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 268(1462), 15-23. doi: 10.1098/rspb.2000.1324
- Prellezo, R., Little, A., Nielsen, R., Andersen, B. S., Andersen, J. L., Röckmann, C., . . . Buisman, J. P. a. E. (2010). Survey of existing bioeconomic models, Final report (pp. 283): Sukarrieta: AZTI-Tecnalia.
- 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, 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.
- Rhodes, J. (2002). Cotton pollination by honeybees. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 42(4), 513-518. doi: 10.1071/EA01063
- 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

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- 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
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2006). *Manual básico de apicultura*. México, D.F.: Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2012). Mercado apícola-Precios de miel. *Notiabeja*, 2012(5), 6.
- Sanford, M. T. (1992). Pollination of Citrus by Honey Bees. *Florida Cooperative Extension Service, Fact sheet RFAA092* (pp. 1-6). Gainesville, Florida: Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.

- Scheaffer, R. L., Mendenhall, W., Ott, R. L., & Gerow, K. G. (2011). *Elementary Survey Sampling* (7th ed.). Boston, USA: Cengage Learning, Inc.
- Selltiz, C., Wrightsman, L. S., & Cook, S. W. (1980). *Métodos de investigación en las relaciones sociales*. Madrid, España: Ediciones RIALP.
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SENASICA-SAGARPA). (2009). *Manual de buenas prácticas pecuarias en la producción de miel*: 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
- Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2003). *Metodologías para la integración y análisis de indicadores y modelos del sector agropecuario 2003*. México, D.F. : Autor.
- Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2013). Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). In SAGARPA (Ed.), (18 de Julio de 2012 ed.). México, D.F.: Autor.
- Silva, J. d. R. (2006). Genetic breeding on the bee *Melipona scutellaris* (Apidae, Meliponinae). *Acta Amazonica*, 36, 115-120.
- Simon, H. A. (1947). *Administrative behavior; a study of decision-making processes in administrative organization*. New York: Macmillan Co.
- Skelly, D. K., & Freidenburg, L. K. (2010). *Evolutionary Responses to Climate Change*. eLS. New Haven, Connecticut, USA: John Wiley & Sons, Ltd.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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
- Somerville, D. (1999). Pollination of apples by honey bees. *Agnote*, 132, 1-4.
- 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.
- Turvey, C. G. (1999). Weather Insurance, Crop Production And Specific Event Risk (pp. 23). Guelph, Canadá: University of Guelph, Department of Food, Agricultural and Resource Economics.
- Turvey, C. G. (2001). Weather Derivatives for Specific Event Risks in Agriculture. *Review of Agricultural Economics*, 23(2), 333-351.
- Van-Dalen, D. B., & Meyer, W. J. (1984). *Manual de técnicas de la investigación educacional*. México, D.F.: Editorial Paidós Mexicana.
- 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.
- Walther, G.-R. (2010). Community and ecosystem responses to recent climate change. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1549), 2019-2024. doi: 10.1098/rstb.2010.0021
- Wenslaff, T. F., & Lyrene, P. M. (2001). Results of multiple pollination in blueberry (*Vaccinium elliottii* Chapm.). *Euphytica*, 117(3), 233-240. doi: 10.1023/a:1026542017389
- Wikipedia. (2013, may 30th). *Apis mellifera*. Retrieved june 27th, 2013, from http://es.wikipedia.org/wiki/Apis_mellifera
- 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*
-

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agriculture and Nature (pp. 59-65). Brasilia, Brasil: Ministry of Environment / Brasília.

Winfree, 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



Sello de la Cueva de la Araña. Individuo recolectando panales. Pintura rupestre de la Cueva de la Araña en Bicorp, Valencia (España).

Anexo 1. Calendario de floración apícola del altiplano

PLANTAS	CALENDARIO DE FLORACIÓN APÍCOLA DEL ALTIPLANO																										
	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	
Nombre científico/ Nombre popular																											
Acacia farneciana/ Huizache																											
Prosopis spp./ Mezquite																											
Opuntis spp./ Nopal																											
Schinus molli/ Pirul																											
Jatropha dioica/ Sangrogado																											
Sanvitalis/ Ojo de Gallo																											
Cosmos binnatus/ Cosmos																											
Bidens spp./ Aceitilla																											
Thitonia mexicana/ Shoto																											
Compositae/ Cabezons																											
Bidens bipinatos/ Acahual																											
Zea mais/ Maiz																											
Avena sativa/ Avena																											
Sorghum 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?

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 **ACEITILLA** en los siguientes años?

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

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

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 **ACEITILLA**? 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. Escenario 2020

		Y	Y ₋₁	T	H	Q	Q ₋₁	L
1999	Datos reales (promedio del Estado de Aguascalientes)	23.685	24.881	17.828	128.241	30.931	89.361	44.380
2000		17.946	23.685	17.788	101.000	15.646	30.931	35.641
2001		18.714	17.946	16.964	172.342	80.429	15.646	31.842
2002		33.011	18.714	15.978	227.149	110.389	80.429	61.256
2003		16.782	33.011	16.541	250.620	109.551	110.389	29.218
2004		26.873	16.782	16.808	176.932	104.408	109.551	48.385
2005		13.993	26.873	17.533	154.628	78.755	104.408	29.133
2006		33.011	13.993	15.491	228.950	104.732	78.755	59.825
2007		16.283	33.011	17.224	139.817	62.693	104.732	29.850
2008		37.754	16.283	16.521	267.372	107.896	62.693	72.688
2009		18.272	37.754	16.905	155.791	10.401	107.896	34.979
2010	24.323	18.272	18.057	154.858	71.255	10.401	43.231	
2011	Datos estimados por la función de producción (periodo 2011-2020)	23.082	24.323	17.701	167.806	70.115	71.255	43.369
2012		23.165	23.082	17.775	167.353	68.975	70.115	43.369
2013		23.100	23.165	17.848	166.899	67.835	68.975	43.369
2014		23.053	23.100	17.922	166.446	66.695	67.835	43.369
2015		23.004	23.053	17.996	165.992	65.555	66.695	43.369
2016		22.956	23.004	18.069	165.539	64.415	65.555	43.369
2017		22.907	22.956	18.143	165.085	63.275	64.415	43.369
2018		22.859	22.907	18.217	164.632	62.135	63.275	43.369
2019		22.811	22.859	18.290	164.178	60.995	62.135	43.369
2020		22.763	22.811	18.364	163.725	59.855	60.995	43.369

Fuente: Elaboración propia con datos de 1998 a 2010.

Anexo 4. Escenario 2050

	Y	Y ₋₁	T	H	Q	Q ₋₁	L
2021	22.954	22.763	17.984	163.271	64.593	59.855	43.369
2022	22.890	22.954	18.035	162.818	63.987	64.593	43.369
2023	22.855	22.890	18.087	162.364	63.382	63.987	43.369
2024	22.817	22.855	18.138	161.910	62.776	63.382	43.369
2025	22.780	22.817	18.189	161.457	62.170	62.776	43.369
2026	22.743	22.780	18.240	161.003	61.565	62.170	43.369
2027	22.705	22.743	18.291	160.550	60.959	61.565	43.369
2028	22.668	22.705	18.342	160.096	60.353	60.959	43.369
2029	22.631	22.668	18.393	159.643	59.748	60.353	43.369
2030	22.594	22.631	18.444	159.189	59.142	59.748	43.369
2031	22.557	22.594	18.495	158.736	58.536	59.142	43.369
2032	22.520	22.557	18.546	158.282	57.931	58.536	43.369
2033	22.483	22.520	18.597	157.829	57.325	57.931	43.369
2034	22.446	22.483	18.648	157.375	56.719	57.325	43.369
2035	22.409	22.446	18.699	156.922	56.114	56.719	43.369
2036	22.373	22.409	18.750	156.468	55.508	56.114	43.369
2037	22.336	22.373	18.801	156.015	54.902	55.508	43.369
2038	22.300	22.336	18.852	155.561	54.297	54.902	43.369
2039	22.263	22.300	18.903	155.108	53.691	54.297	43.369
2040	22.227	22.263	18.954	154.654	53.085	53.691	43.369
2041	22.191	22.227	19.005	154.200	52.480	53.085	43.369
2042	22.155	22.191	19.056	153.747	51.874	52.480	43.369
2043	22.119	22.155	19.107	153.293	51.268	51.874	43.369
2044	22.083	22.119	19.158	152.840	50.663	51.268	43.369
2045	22.047	22.083	19.209	152.386	50.057	50.663	43.369
2046	22.011	22.047	19.260	151.933	49.451	50.057	43.369
2047	21.975	22.011	19.311	151.479	48.846	49.451	43.369
2048	21.940	21.975	19.362	151.026	48.240	48.846	43.369
2049	21.904	21.940	19.413	150.572	47.634	48.240	43.369
2050	21.868	21.904	19.464	150.119	47.029	47.634	43.369

Fuente: Elaboración propia con datos de 1998 a 2010.