



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

INCIDENCIA, CICLO BIOLÓGICO Y MANEJO DE *Conotrachelus crataegi* WALSH EN TEJOCOTE (*Crataegus* spp.) EN LA SIERRA NEVADA DE PUEBLA

MARTHA LILIA ROSAS ALFARO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTORA EN CIENCIAS

PUEBLA, PUEBLA

2016



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN
CAMPUS PUEBLA

CAMPUE- 43-2-03

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, la que suscribe **Martha Lilia Rosas Alfaro**, alumna de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor **Dr. Arturo Huerta de la Peña**, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **Incidencia, ciclo biológico y manejo de *Conotrachelus crataegi* Walsh en tejocote (*Crataegus* spp.) en la Sierra Nevada de Puebla**, y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y la que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Puebla, Puebla, 14 de septiembre de 2016.

Martha Lilia Rosas Alfaro

Vo. Bo. Dr. Arturo Huerta de la Peña

La presente tesis, titulada: **Incidencia, ciclo biológico y manejo de *Conotrachelus crataegi* Walsh en tejocote (*Crataegus* spp.) en la Sierra Nevada de Puebla**, realizada por la alumna: **Martha Lilia Rosas Alfaro**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS


ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO: 
DR. ARTURO HUERTA DE LA PEÑA

ASESOR: 
DR. JUAN MORALES JIMÉNEZ

ASESOR: 
DR. ANDRÉS PÉREZ MAGAÑA

ASESOR: 
DR. LUIS RICARDO HERNÁNDEZ

ASESOR: 
DR. JESÚS FRANCISCO LÓPEZ OLGUÍN

Puebla, Puebla, México, 21 de septiembre de 2016

INCIDENCIA, CICLO BIOLÓGICO Y MANEJO DE *Conotrachelus crataegi* WALSH EN TEJOCOTE (*Crataegus* spp.) EN LA SIERRA NEVADA DE PUEBLA

Martha Lilia Rosas Alfaro, Dra.
Colegio De Postgraduados, 2016

El tejocote (*Crataegus* spp.) es cultivado en México, siendo el estado de Puebla el mayor productor, aportando el 95% de la producción nacional. El fruto es atacado por el barrenador del tejocote (*Conotrachelus crataegi*) plaga de importancia económica, debido a que daña la semilla. En este trabajo se estudió el ciclo biológico de *Conotrachelus crataegi* en campo en tres localidades de la Sierra Nevada de Puebla; además, se realizó un análisis socioeconómico de la incidencia de este insecto. Se realizaron muestreos durante 13 meses, para registrar la presencia y duración de las diferentes etapas del ciclo biológico del barrenador, principalmente el período de emergencia de adultos, realizando muestreos al follaje, fruto y suelo. El estudio se realizó en los municipios de Calpan, Domingo Arenas y Huejotzingo, en el estado de Puebla. *C. crataegi* presentó alto traslape de estadios; el huevo se observó desde la tercera semana de abril, mientras que las larvas estuvieron presentes durante todo el año, teniendo traslape en fruto y en suelo. Las pupas se observaron en marzo y abril con una duración en promedio de 15 días. Los adultos, por su parte, se observaron desde abril hasta septiembre, con máximas poblaciones hacia finales de mayo y principios de junio. Para el análisis socioeconómico, se realizó una encuesta a una muestra simple aleatoria de productores de los tres municipios de estudio. Resultando un 48% de daño al fruto por el barrenador del tejocote. A pesar de los daños que tanto la larva como el adulto hacen al fruto del tejocote, los productores tienen una Relación Beneficio Costo de 2.3. Finalmente, se plantea una estrategia de manejo agroecológico de este insecto en la región.

Palabras clave: Agricultura tradicional, Agroecosistema, *Crataegus*, Productores de tejocote.

INCIDENCE, BIOLOGICAL CYCLE AND HANDLE OF *Conotrachelus crataegi*
WALSH IN HAWTHORN (*Crataegus* spp.) IN THE SIERRA NEVADA OF PUEBLA

Martha Lilia Rosas Alfaro, Dra.
Colegio De Postgraduados, 2016

Hawthorn (*Crataegus* spp.) Is grown in Mexico, Puebla State is being the largest producer, contributing 95% of national production. The fruit is attacked by the tejocote borer (*Conotrachelus crataegi*) which is an economically important pest, because it damages the fruit seeds. In this paper the life cycle of *Conotrachelus crataegi* in field was studied in three locations in the Sierra Nevada of Puebla; also a socio-economic analysis of the impact of this insect was realized. Samplings were conducted for 13 months, in order to register the presence and duration of the different stages of the life cycle of the borer, mainly the period of adult emergence, by sampling the foliage, fruits and soil. The study was realized in the municipalities of Calpan, Domingo Arenas and Huejotzingo in the state of Puebla. *C. crataegi* presented high overlap stages; the egg was observed since the third week of April, while the larvae were present throughout the year, with overlap in fruit and soil. The pupae were observed in March and April with an average duration of 15 days. Adults were observed from April to September, with highest populations in late May and early June. For the socio-economic analysis, a survey was conducted to a single random sample of producers of the three municipalities of study. 48% of growers argued damage on fruit by the hawthorn borer. Despite the damage that both the larva and adult make to the fruit of the hawthorn, producers have a cost-benefit ratio of 2.3. Finally, an agroecological management strategy of this insect in the region is stated.

Keywords: Traditional Agriculture, Agroecosystem, *Crataegus*, Hawthorn growers.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por financiar mis estudios de doctorado y mi proyecto de investigación de tesis para obtener el grado correspondiente y al Colegio de Postgraduados Campus Puebla por financiar de manera parcial mi investigación y por permitirme desarrollar estudios en sus instalaciones en el programa de Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional.

A los doctores Arturo Huerta de la Peña, Juan Morales Jiménez, Andrés Pérez Magaña, Luis Ricardo Hernández y Jesús Francisco López Olguín, por la confianza brindada para la realización de esta investigación, que amablemente dirigieron, aportando sus conocimientos y comentarios tan acertados. ¡Muchas gracias por formar mi consejo particular!

Al Dr. Ramón Núñez Tovar por la ayuda en las salidas de campo y por hacer el vínculo con los productores de tejocote.

Al maestro Jorge Valdés Carrasco por la ayuda en la toma de las fotos de la especie *Conotrachelus crataegi*.

A todos los catedráticos que fueron parte de mi aprendizaje ya sea como maestros o como amigos interesados en el tema de investigación. Gracias por las enseñanzas y todos sus consejos.

Al Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Puebla (CESAVEP), especialmente al Ing. Marcelino Santiago Felipe y al M. en C. Arcadio Hernández Bautista, por el apoyo, la información y la vinculación con los productores de tejocote.

A Margarita, Alma, Javier, Katia y Karina de la Subdirección de Educación del PROEDAR por su tiempo y apoyo para los trámites de titulación.

Al Lic. Dionicio Martin Julián por el apoyo brindado durante mi estancia en el Colegio y por su amistad. Muchas gracias por todo lo vivido y aprendido, lo atesoro en el corazón.

A María de Lourdes Rivas Romero por toda la ayuda prestada en la literatura que sustentó la investigación, por su confianza, sus consejos y siempre tener una palabra de aliento cuando las cosas no andaban tan bien, gracias por su gran apoyo durante mi desarrollo en el postgrado.

A los productores de tejocote de los municipios de Calpan, Domingo Arenas y Huejotzingo, principalmente a los del grupo Tziotzi gracias por su confianza y apoyo para el desarrollo del proyecto.

A mi papá Rodolfo Rosas Hernández por todo el apoyo brindado durante toda la investigación y por todo el tiempo invertido conmigo en las salidas al campo para la realización de los muestreos.

A todas y cada una de las personas que contribuyeron al desarrollo de este proyecto de investigación, ya que en cuatro años fueron muchas personas las involucradas en este proceso, no menciono nombres porque haría una tesis de todas las personas que aportaron su granito de arena para que esta investigación culminara. No me queda más que agradecer infinitamente por todo su apoyo, muchas gracias.

A mis amigos, por creer en mí y por ser parte de mi vida, gracias por sus consejos durante este proceso de desarrollo académico. Gracias por su amistad.

A quienes estuvieron en el laboratorio de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados Campus Puebla, porque en mi estancia fueron varias las personas que compartieron su tiempo y su ayuda conmigo, muchas gracias.

A todos y cada uno de los revisores, por todos sus consejos para mejorar esta tesis. Muchas gracias por su tiempo.

A todas y cada una de las personas de quienes he recibido todo su apoyo, comprensión, ayuda y demás. Gracias por todo, porque su apoyo y sus consejos me han fortalecido más cada día en este proceso de titulación y de lesión de mi tobillo. ¡MUCHAS GRACIAS A TODOS!

A Dios por dejarme culminar una etapa más, por darme la inteligencia para hacer que este sueño se convirtiera en realidad. Gracias por permitir que mi madre aún se encuentre con nosotros a pesar de lo que ha pasado, para tener una salud estable. Gracias por todo el amor que me das, gracias por todo te amo.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

Rodolfo Rosas Hernández y María Rutila Alfaro Velazco, por todo su amor, cariño, apoyo, paciencia, consejos y tolerancia durante el desarrollo de la investigación, gracias los amo.

A MI HERMANO

Romarico Rosas Alfaro, por todo tu apoyo y tus consejos para continuar a pesar de las adversidades, te amo hermanito.

A MIS PROFESORES

A todos y cada uno de los profesores que hasta el momento han sido parte de mi formación académica, pero sobre todo por la persona que han formado, por todos sus consejos y enseñanzas.

A MIS AMIGOS

Por ser una parte esencial en mi vida, por sus consejos, apoyo, cariño, ayuda y sobre todo por aceptarme tal como soy.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
DEDICATORIA	ix
ÍNDICE DE CUADROS	xv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
CAPÍTULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN, OBJETIVOS E HIPÓTESIS	5
1.1. Planteamiento del problema	5
1.2. Objetivos	7
1.2.1. <i>Objetivo General</i>	7
1.2.2. <i>Objetivos Específicos</i>	7
1.3. Hipótesis	8
1.3.1. <i>Hipótesis General</i>	8
1.3.2. <i>Hipótesis Específicas</i>	8
CAPÍTULO II. MARCO DE REFERENCIA	9
2.1. Localización del área donde se ubica el objeto de estudio	9
2.1.1. <i>Calpan</i>	9
2.1.2. <i>Domingo Arenas</i>	9
2.1.3. <i>Huejotzingo</i>	10
2.2. Características generales del área donde se presenta el objeto de estudio	10
2.2.1. <i>Calpan</i>	10
2.2.2. <i>Domingo Arenas</i>	11
2.2.3. <i>Huejotzingo</i>	11

2.3. Producción del Tejocote	12
2.4. Generalidades del tejocote	13
2.4.1. <i>Ubicación taxonómica</i>	13
2.4.2 <i>Familia Rosaceae</i>	13
2.4.3. <i>Género Crataegus</i>	14
2.4.4. <i>Crataegus mexicana Moc & Sessé, 1825 (Rosales: Rosaceae)</i>	15
2.5. Descripción botánica del tejocote	16
2.6. Importancia del tejocote	18
2.7. Fitoquímica del tejocote	19
2.8. Problemas fitosanitarios del tejocote	20
2.8.1. <i>Barrenador del tejocote</i>	21
2.8.2. <i>Orden Coleoptera</i>	21
2.8.3. <i>Familia Curculionidae</i>	22
2.8.4. <i>Conotrachelus crataegi</i>	23
2.9. Métodos de control	24
2.9.1. <i>Control biológico</i>	24
2.9.2. <i>Control cultural</i>	25
2.9.3. <i>Control químico</i>	25
2.9.4. <i>Control mixto o integrado</i>	26
CAPÍTULO III. MARCO TEORÍCO Y CONCEPTUAL	28
3.1. Teoría general de sistemas	299
3.2. Sistemas	30
3.3 Desarrollo Sustentable	31
3.4. Agroecología	32
3.4.1. <i>Agroecosistemas</i>	33
3.5. Estrategia	35
CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA GENERAL	38
4.1. Fase de campo	39

4.1.1. Zona donde se desarrolló el estudio.....	39
4.1.2. Selección de huertos	39
4.1.3. Ciclo biológico de <i>C. crataegi</i>	40
4.1.4. Muestreo de follaje para determinar la fluctuación poblacional de adultos de <i>C. crataegi</i>	41
4.1.5. Muestreo de huevos y larvas en fruto.....	41
4.1.6. Muestreos de suelo para colecta de larvas, pupas y pre-adultos	42
4.1.7. Aplicación de cuestionario	43
4.2. Fase de laboratorio	43
4.2.1. Material biológico colectado en los muestreos del ciclo biológico de <i>Conotrachelus crataegi</i>	43
4.3. Fase de gabinete	43
4.3.1. Tamaño de muestra para la aplicación de la encuesta.....	44
4.3.2. Diseño del instrumento (Cuestionario).....	44
4.3.3 Sistematización y análisis de la información de muestreos de follaje, fruto y suelo en laboratorio	44
4.3.4 Sistematización y análisis de la información del cuestionario.....	44
LITERATURA CITADA	45
CAPÍTULO V. RESULTADOS	58
5.1. Ciclo biológico de <i>Conotrachelus crataegi</i> (Coleoptera: Curculionidae) en huertos de tejocote (<i>Crataegus</i> spp.) Puebla, México	58
Resumen	58
Introducción	59
Materiales y métodos	62
<i>Zona de estudio</i>	62
<i>Ciclo biológico de C. crataegi</i>	63
<i>Fluctuación poblacional de adultos de C. crataegi</i>	64
<i>Muestreo de huevos y larvas en fruto</i>	65

<i>Muestreos de suelo para colecta de larvas, pupas y pre-adultos</i>	65
Resultados y discusión	66
<i>Ciclo biológico de C. crataegi</i>	66
<i>Emergencia y fluctuación poblacional de adultos</i>	68
<i>Huevos y larvas en frutos</i>	69
<i>Huevos</i>	70
<i>Larvas en fruto</i>	70
<i>Larvas en suelo</i>	72
Conclusiones	74
Agradecimientos	74
Literatura citada	75
5.2. Análisis socioeconómico del agroecosistema tejocote en relación a la incidencia de <i>Conotrachelus crataegi</i>	81
Resumen	81
Introducción	82
Materiales y métodos	85
<i>Tamaño de muestra</i>	85
<i>Diseño del instrumento</i>	86
<i>Aplicación de encuestas y análisis de la información</i>	88
Resultados y discusión	89
<i>Datos personales del productor</i>	89
<i>Sistema de producción</i>	91
<i>Manejo del barrenador</i>	95
<i>Organización y Asistencia técnica</i>	103
<i>Producción y comercialización</i>	104
<i>Costo por mes y actividad al tejocote</i>	106
<i>Regresión Logística Binaria</i>	108
Conclusiones	109

Literatura citada	110
5.3. Propuesta de manejo sustentable del tejocote de la Sierra Nevada de Puebla	113
Resumen	113
Introducción	113
Materiales y métodos	117
<i>Localización del área de estudio</i>	117
<i>Recorridos e inspección del área de estudio</i>	117
<i>Determinación del tamaño de muestra y diseño de encuesta</i>	118
<i>Construcción del árbol de problemas</i>	118
<i>Referentes de la propuesta de manejo del barrenador bajo el concepto de agroecosistema</i>	118
Resultados y Discusión	119
<i>Inspección del área de estudio</i>	119
<i>Identificación y construcción del árbol de problemas</i>	119
<i>Propuesta de manejo para el barrenador y su relación en el manejo de tejocote</i>	126
Conclusión	135
Literatura citada	136
CONCLUSIONES GENERALES	140
ANEXOS	142
Anexo 1	142
Anexo 2	145

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Producción y rendimiento de tejocote en México.....	12
Cuadro 2. Clasificación de la Organización Mundial de la Salud según la categoría toxicológica.....	26
Cuadro 3. Producción nacional, estatal y municipal de tejocote en el año 2014.....	84
Cuadro 4. Registro de productores de tejocote en tres municipios de la Sierra Nevada de Puebla.....	85
Cuadro 5. Productores de tejocote a entrevistar en las localidades de la Sierra Nevada de Puebla.....	87
Cuadro 6. Edad de productores de tejocote del área de estudio.....	90
Cuadro 7. Principales labores culturales y prácticas de manejo aplicadas al tejocote en un año.....	93
Cuadro 8. Costos de las principales labores culturales y prácticas de manejo aplicadas al tejocote en un año.....	107
Cuadro 9. Costo total promedio de las actividades para la producción de tejocote (2014), en el área de estudio.....	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de los conceptos teóricos que explican el problema de investigación.....	28
Figura 2. Etapas de la metodología general para estudiar la incidencia, ciclo biológico y manejo de <i>Conotrachelus crataegi</i> Walsh en tejocote (<i>Crataegus</i> spp.) en tres municipios de la Sierra Nevada de Puebla.....	38
Figura 3. Localización de los municipios de la Sierra Nevada, donde se llevó a cabo el trabajo de investigación	40
Figura 4. Ubicación de los huertos de tejocote donde se realizaron los muestreos en localidades de la Sierra Nevada de Puebla....	42
Figura 5. Árbol de tejocote (<i>Crataegus</i> spp.) en floración, en la región de la Sierra Nevada de Puebla.....	59
Figura 6. Fruto de tejocote en venta durante la feria regional en San Andrés Calpan, Puebla.....	60
Figura 7. Huertos tradicionales en la Sierra Nevada de Puebla.....	63
Figura 8. Muestreo de adultos de <i>Conotrachelus crataegi</i> en follaje.....	64
Figura 9. Muestreos de suelo: a) larvas, b) pupas y c) pre-adultos.....	65
Figura 10. Ciclo biológico de <i>Conotrachelus crataegi</i> en huertos de tejocote en Puebla, México en el periodo 2014 y 2015.....	67
Figura 11. Fluctuación poblacional de adultos de <i>Conotrachelus crataegi</i> en huertos de tejocote (<i>Crataegus</i> spp.) en la Sierra Nevada de Puebla.....	69
Figura 12. Número de larvas de <i>Conotrachelus crataegi</i> en fruto de tejocote por huerto en tres localidades de la Sierra Nevada de Puebla.....	71
Figura 13. Número de larvas colectadas en suelo en huertos de tejocote en la Sierra Nevada de Puebla en el periodo de 2014-2015.....	73
Figura 14. Niveles de escolaridad de los productores de tejocote.....	90

Figura 15. Tipos de fertilizantes usados por los productores de tejocote.....	93
Figura 16. Problemas que enfrentan los productores en el cultivo de tejocote.....	95
Figura 17. Plagas presentes en el cultivo de tejocote en el área de estudio de la Sierra Nevada de Puebla.....	96
Figura 18. Daño del barrenador en los frutos de tejocote.....	97
Figura 19. Enfermedades presentes en el tejocote en el área de estudio.....	98
Figura 20. Roya en frutos de tejocote. A) tejocote contaminado en el árbol del año anterior; b) tejocote deforme en desarrollo, ambos del año 2014.....	98
Figura 21. Etapas del ciclo biológico del barrenador conocidas por los productores de tejocote.....	99
Figura 22. Insecticidas utilizados en el manejo del barrenador del tejocote.....	100
Figura 23. Personas intoxicadas por aplicar algún insecticida para el control del barrenador.....	101
Figura 24. Plantas medicinales que conocen los productores de tejocote.....	102
Figura 25. Productores que pertenecen a organizaciones de tejocote.....	103
Figura 26. Meses de cosecha del tejocote por parte de los productores.....	104
Figura 27. Lugar de venta del tejocote por parte de los productores.....	105
Figura 28. Consideración del precio del tejocote por parte de los productores.....	106
Figura 29. Árbol de problemas de la incidencia del barrenador del tejocote en tres municipios de la Sierra Nevada de Puebla.....	120

Figura 30. Elementos principales para la propuesta de manejo agroecológico del tejocote.....	121
Figura 31. Red trófica en el agroecosistema tejocote de la Sierra Nevada de Puebla.....	123
Figura 32. Acciones a tomar para el manejo del frutal y el control del barrenador del tejocote en un ciclo productivo.....	127

INTRODUCCIÓN GENERAL

La agricultura posee gran importancia a nivel mundial, incluye actividades como las pecuarias, forestales y de recolección, además de las agrícolas (Hernández *et al.*, 1995). Por medio de esta se produce el 80% de los alimentos que en la actualidad consumen las personas que habitan en el Planeta Tierra (FAO, 2016).

Uno de los factores que limitan la producción agrícola son las plagas y enfermedades. Se ha calculado que las pérdidas por año en la producción agrícola mundial son del 20 al 40%, según datos de la Secretaría de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF) con sede en la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2012).

Entre los productos que se cultivan en México existe un frutal comúnmente denominado “*tejocote*” del cual se siembran 917.90 ha, se cosechan 871.30 ha, con una producción de 4,398.91 ton anualmente; de esa superficie Puebla cuenta con 854.80 ha, cosecha 815.30 ha y produce 4,159.79 ton de tejocote. Por lo tanto, Puebla ocupa el primer lugar en producción de tejocote con un 95% de la producción nacional (SIAP, 2014a).

En México, el consumo de tejocote se ha vuelto una tradición y además es una fruta que se cosecha en la época de la festividad del día de Muertos y la temporada navideña, se utiliza para la decoración de las tradicionales ofrendas para los difuntos, pero también para rellenar las piñatas o los aguinaldos de las tradicionales posadas, aunque sus beneficios y aprovechamiento superan los fines festivos (Núñez, 2009).

También conocido como “manzanita” o “manzanilla” por su parecido a una manzana muy pequeña, es una aportación de México que desde tiempos prehispánicos se obtiene de un árbol del mismo nombre con una altura no mayor a los 10 metros.

Se desarrolla en climas templados, y se cultiva principalmente en el Estado de México, Puebla, Tlaxcala, Chiapas, Michoacán, Hidalgo y Morelos, con presencia en huertos familiares y a la orilla de los caminos (Smith, 2011). Su nombre en español se deriva del náhuatl *texócotl* (fruta ácida y dura), que tiene origen en el sabor agridulce de su pulpa que va del amarillo al anaranjado con algunas semillas en su interior (Simeón, 1997; CONABIO, 2015).

El tejocote (*Crataegus* spp.) es un frutal originario del Valle de México con distribución desde México hasta Centroamérica y Ecuador. En México el fruto se consume fresco, en conserva, jalea o mermelada, además que se usa para preparar una bebida tradicional de las fiestas decembrinas denominada ponche. El árbol se cultiva con fines decorativos por lo atractivo de sus frutos y como sombra (SIAP, 2014b).

Las principales plagas que afectan al tejocote en el estado de Puebla son la mosca de la fruta (*Rhagoletis pomonella* Walsh) y el barrenador del hueso o picudo del tejocote (*Conotrachelus crataegi* Walsh) comúnmente conocido como barrenador del tejocote; las larvas de ambas plagas se desarrollan en el interior del fruto, donde se alimentan de la pulpa e incluso, en el caso de *C. crataegi* puede llegar a consumir las semillas e impedir una producción final satisfactoria (Muñiz, 2008).

Debido a que los plaguicidas químicos contaminan el medio ambiente, originan graves problemas de salud por exposición directa en las personas que los aplican y/o por sus residuos en los productos alimenticios, además de su costo elevado; se han planeado diversas estrategias que brindan alternativas sustentables en apoyo a los agricultores para el desarrollo adecuado de sus cultivos a través de técnicas de control biológico, que tienen como propósito regular las plagas agrícolas.

Por lo que la Agroecología se propone como una alternativa del manejo de los recursos productivos y se define como la “aplicación de los conceptos y principios ecológicos al diseño y manejo de los sistemas alimentarios sostenibles”. Asimismo, diversos autores (Gliessman *et al.*, 2007 y Altieri y Nicholls, 2007), presentan los argumentos que sostienen la validez, importancia y pertinencia del enfoque agroecológico, no sólo para concebir los procesos involucrados en la obtención de alimentos, sino para proponer alternativas y estrategias que conduzcan a esos procesos para operar en sistemas sostenibles. La sostenibilidad de la metodología agroecológica se apoya en la Ecología y en la producción de alimentos, la cual se debe considerar como un proceso que involucra a los productores y consumidores interactuando de igual forma en dicho proceso.

Aunque existen estrategias para la forma de cultivar los alimentos y la modernización que se ha dado día tras día, aún permanecen los sistemas agrícolas tradicionales. Estos son importantes debido a que poseen elementos de sustentabilidad que se adaptan perfectamente al ambiente local, utilizan recursos locales, son a pequeña escala y conservan los recursos naturales propios del lugar donde se desarrolla esta agricultura tradicional. Desafortunadamente, las estrategias modernas de cultivo ponen en riesgo este sistema; sin embargo, la agricultura tradicional puede proporcionar principios agroecológicos que son importantes para desarrollar agroecosistemas más sustentables, para una agricultura amigable con el medio ambiente donde se puedan preservar los principales recursos naturales, proporcionando productos de mayor calidad a los consumidores (Altieri, 1991).

La necesidad de cultivar por parte de los agricultores hace que opten por el monocultivo, al principio resulta viable, pero al paso del tiempo el incremento de plagas y enfermedades causan pérdidas importantes en el monocultivo, haciendo este proceso aún más costoso, tanto económica como ambientalmente. Un manejo agroecológico para reintegrar este sistema dañado debe contar con el

material, las técnicas, metodologías adecuadas y la aceptación de los agricultores para tener el éxito deseado (Nicholls, 2011).

Los productos químicos sintéticos destinados a controlar plagas y enfermedades en los cultivos alimenticios han tenido un rol muy marcado en el incremento de la producción agrícola. Sin embargo, el uso continuo e indiscriminado de estas sustancias no sólo ha causado enfermedades y muertes por envenenamiento a corto y largo plazo, sino que también ha afectado al medio ambiente, acumulándose por bioconcentración en los distintos eslabones de la cadena alimenticia, en el suelo y en el agua (Maggi, 2004).

La presente tesis se organizó en cinco capítulos. El primer capítulo contiene el problema de investigación, los objetivos y las hipótesis que se plantearon en esta investigación. El segundo capítulo expone el marco de referencia, donde se ubica la zona de estudio, además, de la descripción botánica, la importancia, fitoquímica del tejocote entre otros. El capítulo tres explica las teorías y conceptos que sustentan la investigación, sobre todo el enfoque agroecológico que se le dio a la investigación. El capítulo cuatro describe la metodología general empleada para desarrollar la investigación. El capítulo cinco se divide en tres subcapítulos, el apartado 5.1 tuvo como objetivo conocer el ciclo biológico de *Conotrachelus crataegi* (Coleoptera: Curculionidae) en huertos de tejocote (*Crataegus* spp.) en Puebla, México, el subcapítulo 5.2 consideró un análisis socioeconómico del agroecosistema tejocote en relación a la incidencia de *Conotrachelus crataegi* y el subcapítulo 5.3 es una propuesta de manejo sustentable del barrenador, para los productores de tejocote de la Sierra Nevada de Puebla.

CAPÍTULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN, OBJETIVOS E HIPÓTESIS

1.1. Planteamiento del problema

A nivel nacional de los estados productores de tejocote, Puebla es el que posee la mayor producción, de ahí la importancia de tomar en cuenta los diferentes problemas que el frutal puede presentar para poder mejorar su manejo y obtener un producto de mayor calidad.

El cultivo de tejocote presenta diversos problemas fitosanitarios, como la mosca de la fruta, plaga importante ya que daña la pulpa del fruto, algunos defoliadores que dañan las hojas del árbol y el barrenador de las ramas, entre otros. También presenta algunas enfermedades como la roya, roña y antracnosis por mencionar algunas.

En la actualidad en la zona baja de los municipios que integran la Sierra Nevada de Puebla se presenta una plaga que se ha vuelto primaria, *Conotrachelus crataegi*, mejor conocido como “barrenador del tejocote”, este insecto es de importancia económica ya que causa daños en sus diferentes etapas de desarrollo. Como adulto daña el fruto ya que se alimenta de este y además ahí las hembras ovipositan sus huevos para poder continuar con su descendencia. Como larva barrena la pulpa hasta llegar a la semilla, consumiéndola en algunas ocasiones totalmente, lo que deteriora la calidad del fruto, hecho que dificulta su colocación en el mercado a un buen precio.

La alta incidencia del insecto daña en algunas ocasiones la totalidad de la cosecha del tejocote. Debido a esto y a los pocos estudios realizados acerca del barrenador, se dificulta el control en campo por la falta de información primaria que permita a los productores de tejocote un manejo apropiado de esta plaga.

Por lo que se plantean las siguientes interrogantes:

¿Cómo y en que períodos se presentan las diferentes etapas de desarrollo del ciclo biológico del barrenador del tejocote y de que magnitud es su incidencia?

¿Cuáles son los factores que ayudarán a analizar el agroecosistema tejocote en relación a la incidencia del barrenador del tejocote?

¿Cuáles son los elementos necesarios para plantear una propuesta de manejo sustentable del barrenador que beneficie a los productores de tejocote?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Estudiar el ciclo biológico de *Conotrachelus crataegi* en campo en tres localidades de la Sierra Nevada de Puebla, así como realizar un análisis socioeconómico de la incidencia del mismo, con el propósito de generar una propuesta de estrategia de manejo sustentable de este insecto.

1.2.2. Objetivos Específicos

1. Estudiar el ciclo biológico y fluctuación poblacional de *Conotrachelus crataegi* en tres huertos de la Sierra Nevada de Puebla para orientar una propuesta de manejo.
2. Realizar un análisis socioeconómico de la incidencia de *Conotrachelus crataegi* en huertos de tejocote en los municipios de Calpan, Domingo Arenas y Huejotzingo Puebla y determinar los factores causales.
3. Diseñar una estrategia de manejo sustentable del barrenador del tejocote, considerando lo que hacen los productores en la Sierra Nevada de Puebla, para proponer los elementos que la fortalezcan y contribuir a mejorar la producción y calidad del tejocote.

1.3. Hipótesis

1.3.1. Hipótesis General

Se desconoce el ciclo biológico de *Conotrachelus crataegi*, los factores socioeconómicos que causan la incidencia en los huertos de tejocote, y la implementación de una estrategia de manejo sustentable para su control.

1.3.2. Hipótesis Específicas

1. El ciclo biológico del barrenador está asociado a la fenología del tejocote, a las condiciones ambientales y a su manejo.
2. El manejo convencional que hacen los productores del barrenador del tejocote provoca costos de producción altos.
3. No existe una estrategia de manejo sustentable para el barrenador del tejocote en la zona de la Sierra Nevada de Puebla.

CAPÍTULO II. MARCO DE REFERENCIA

En el siguiente apartado se muestra el marco contextual del problema de investigación; también, algunas de las características generales del tejocote y de la localización de los municipios que pertenecen a la Sierra Nevada de Puebla, donde se ubica el objeto de estudio.

2.1. Localización del área donde se ubica el objeto de estudio

El área donde se ubica el objeto de estudio comprendió los municipios de Calpan, Domingo Arenas y Huejotzingo pertenecientes a la Sierra Nevada de Puebla, cuyas características se describen a continuación.

2.1.1. Calpan

El municipio se ubica en la parte centro oeste del estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son sus paralelos 19°06'36" y 19°41'12" de latitud norte y los meridianos 98°23'54" y 98°32'24" de longitud occidental. Colinda al norte con los municipios de Domingo Arenas y Huejotzingo, al noreste con Juan C. Bonilla, al sur colinda con San Nicolás de los Ranchos y San Jerónimo Tecuanipan, al este con San Pedro Cholula y al oeste con San Nicolás de los Ranchos (INAFED, 2010a).

2.1.2. Domingo Arenas

Otro de los municipios del área de estudio, se sitúa en la parte centro del estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son los paralelos 19°06'36" y 19°08'48" de latitud norte y los meridianos 98°26'24" y 98°28'24" de longitud occidental. Colinda al norte con el municipio de Huejotzingo, al sur con Calpan, al este con Huejotzingo, y al oeste con los municipios de San Nicolás de los Ranchos y Huejotzingo (INAFED, 2010b).

2.1.3. Huejotzingo

Este municipio se localiza en la parte centro oeste del estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son: los paralelos 19°13'32" y 19°06'36" de latitud norte y los meridianos 98°20'18" y 98°39'00" de longitud occidental. El municipio colinda al norte con San Salvador el Verde, San Felipe Teotlalcingo y Chautzingo, al sur con Domingo Arenas, San Nicolás de los Ranchos y Calpan, al este con Tlaltenango y Juan C. Bonilla, al oeste con San Salvador el Verde y el Estado de México, al noreste con San Martín Texmelucan (INAFED, 2010c). Aparte de la localización también es importante describir otras características generales.

2.2. Características generales del área donde se presenta el objeto de estudio

En este apartado se presentan otras características de los municipios como la extensión territorial y la población que la habita, altitud, clima y tipo de suelo.

2.2.1. Calpan

Tiene una extensión territorial de 66.88 km². El número aproximado de habitantes es de 13,730 (INEGI, 2010). Con una altitud que oscila entre los 2,240 y 2,840 msnm. El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano. Tiene una temperatura anual que oscila entre los 8-16°C con una precipitación media anual de 900-1,100 mm. La mayor parte de la superficie municipal son áreas dedicadas a la agricultura y de temporal, con cultivos anuales y perennes. Se identifican dos tipos de suelo: Regosol, que ocupa casi todo el municipio, se caracteriza por una fase gravosa (roca o tepetate menor de 7.5 cm de diámetro) y Litosol, se presenta en el centro del municipio (suelo delgado con espesor menor a 10 cm, descansa sobre material rocoso) (INEGI, 2009a).

2.2.2. Domingo Arenas

Tiene una superficie de 12.14 km². El número de habitantes aproximado es de 6,946 (INEGI, 2010). Su altitud es de 2,320 a 2,480 msnm. El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura oscila entre los 12-16°C, con precipitaciones promedio anuales entre los 1,100-1,300 mm. Las actividades económicas principales son las agropecuarias y el comercio. Se localizan bosques de encino-pino, asociados a vegetación secundaria arbustiva. Tiene una distancia aproximada a la capital del estado de 35 kilómetros. El municipio de Domingo Arenas, sólo cuenta con la cabecera municipal; por lo tanto, carece de juntas auxiliares. Un recurso que predomina son los bancos de arena. Existen dos tipos de suelo: Cambisol: Al noreste se presenta con un área reducida, presenta fase gravosa (fragmentos de roca o tepetate de 7.5 cm de Ø) y Regosol: Cubre toda la superficie del municipio, excepto el extremo Noroeste (Suelos poco desarrollados, compuestos por material suelto similar a la roca) (INEGI, 2009b).

2.2.3. Huejotzingo

Cuenta con una superficie de 250.41 km². El número de habitantes aproximado es de 63,457 (INEGI, 2010). Su altitud es de 2,180 y 5,100 msnm. Se identifican tres climas: templado subhúmedo con lluvias en verano, predominante sobre todo en la zona correspondiente al valle, clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano, se presenta en las faldas inferiores de la sierra, al poniente y el clima frío, se identifica en las partes más altas del Volcán Iztaccíhuatl. Tiene una temperatura entre los 2-16 °C, con precipitaciones anuales de 900-1,100 mm. El recurso natural que predomina en el municipio es el forestal, debido a la gran deforestación este recurso se encuentra en decadencia. En el territorio del municipio se identifican cuatro grupos de suelos: Litosol: se presenta en las partes más altas del volcán. Regozol: es el suelo predominante, ocupa las faldas inferiores de la Sierra Nevada y en un área extensa que va desde las últimas estribaciones de la Sierra hasta el extremo sureste, presenta fase gravosa (fragmentos de roca o tepetate de menos de 7.5 cm de diámetro). Cambisol:

ocupa una reducida área en el centro del municipio; presenta fase gravosa. Fluvisol: ocupa principalmente, toda la porción nororiental presentando fase gravosa (INEGI, 2009c).

Debido a lo anterior es importante conocer cuál es la situación actual de los municipios del área de estudio con respecto a la producción estatal y nacional.

2.3. Producción del Tejocote

A nivel nacional se produce tejocote en Chiapas, Distrito Federal, Guanajuato, Jalisco, México, Puebla y Zacatecas, Puebla es el mayor productor de tejocote, con 4,159.79 ton con un valor de \$ 5,570,000.21; aunque México tiene el mayor rendimiento por hectárea (Cuadro 1). Por lo tanto, el estado de Puebla representa un 95% de la producción a nivel nacional, contando con 28 municipios productores (SIAP, 2014c).

Cuadro 1. Producción y rendimiento de tejocote en México

Estado	Producción (ton)	Rendimiento (ton/ha)	Valor Producción
Chiapas	27.06	2.46	97,000.66
Distrito Federal	53.26	4.44	550,000.38
Guanajuato	38.50	3.50	288,000.75
Jalisco	34.80	5.80	146,000.16
México	45.00	6.43	130,000.50
Puebla	4,159.79	5.10	5,570,000.21
Zacatecas	40.50	4.50	465,000.75

Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2014)

2.4. Generalidades del tejocote

Es importante conocer el contexto del tejocote, por lo que en este apartado se inicia con su ubicación taxonómica. Posteriormente, con la descripción de la familia hasta llegar al género, con la finalidad de poder entender el marco referencial del frutal; además, conocer las características que son más relevantes en este frutal y abordar el problema de esta investigación con base en los antecedentes.

2.4.1. Ubicación taxonómica

La descripción taxonómica del tejocote es la siguiente:

Reino: Plantae

Filum: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Rosales

Familia: Rosaceae

Género: *Crataegus*

Especie: *mexicana*

Nombre Científico: *Crataegus mexicana* Moc & Sessé 1825

2.4.2 Familia Rosaceae

Las plantas que pertenecen a esta familia como el tejocote, son herbáceas o leñosas también pueden ser espinosas o inermes; tienen hojas alternas, rara vez opuestas, simples o compuestas, generalmente estipuladas, algunas ocasiones las estipulas caducas o ausentes; las flores a veces son vistosas, algunas otras solitarias o en inflorescencias, por lo general actinomorfas y hermafroditas; el eje

floral a veces agrandado formando un receptáculo o un hipantio llevando en el margen sépalos, pétalos, estambres y con frecuencia acompañado de un disco glanduloso. Los sépalos son de cuatro a cinco; provistos de un cálculo en algunas ocasiones; los pétalos son cinco (a veces cuatro o ausentes), con frecuencia caedizos; puede tener un estambre o más, aunque comúnmente son numerosos, dispuestos en varias series; gineceo súpero o ínfero, a menudo unido al receptáculo, puede tener uno o varios carpelos libres o unidos en un ovario de dos a cinco lóculos, óvulos de uno a varios carpelos de forma erecta o en péndulo; fruto en forma de folículo, aquenio, drupa, pomo, o bien, a manera de frutos agregados de drupas o de aquenios; semillas generalmente sin endospermo. Se consideran unos 100 géneros y más de 2000 especies, representadas en todo el mundo, pero más abundantes en el este de Asia, en Norteamérica y Europa (Argueta y Cano, 1994; Phipps, 1997; Atlas botánico, 1998; Calderón y Rzedowski, 2005).

Esta familia tiene importancia sobre todo por sus especies de frutos comestibles como: *Crataegus mexicana* Moc. & Sessé ex DC. (“tejocote”); *Prunus armeniaca* L., (“chabacano”); *P. domestica* L., (“ciruelo”); *P. persica* (L.) Sieb. & Zucc., (“durazno”); *P. serotina* ssp. *capuli* (Cav.) McVaugh (“capulín”); *Pyrus communis* L., (“peral”); *P. malus* L., (“manzano”); o bien, por sus flores ornamentales como *Rosa* spp., (“rosa”). Un arbusto ornamental cultivado con frecuencia en el Valle de México es *Pyracantha koidzumii* Rehd. (“piracanto”) (Calderón y Rzedowski, 2005).

2.4.3. Género *Crataegus*

En México existen varias especies de Rosáceas del género *Crataegus* como *C. mexicana*, *C. pubescens*, *C. crus-galli*, *C. baroussana* y *C. nelsoni*. El desarrollo de las especies puede ser de manera natural o inducido, las variedades silvestres forman asociaciones vegetales con pinos; por ejemplo, en las zonas aledañas a San Cristóbal de las Casas, Chiapas o en otras con encinos que crecen de forma

espontánea en el altiplano central de México y en el estado de Chiapas a alturas mayores de entre los 1,800 a 3,000 msnm ubicados en diferentes tipos de suelo (Phipps, 1997).

El género *Crataegus* es conocido con el nombre de “tejocote”, del cual destaca un fruto con el mismo nombre. Las plantas pertenecientes a este género son arbustos o árboles espinosos pequeños que presentan estípulas. Sus hojas son deciduas, pecioladas, alternas, simples, dentadas o lobadas. Tienen flores dispuestas en corimbos; hipantio en forma de copa o acampanado, con cinco sépalos, que pueden ser enteros o dentados. Tienen cinco pétalos blancos, orbiculares, insertos en el borde del disco. De cinco a 25 estambres de uno a tres series. Su ovario es ínfero, de uno a cinco lóculos y de uno a cinco carpelos, con uno o dos óvulos en cada lóculo. El fruto en forma de pomo de color naranja o de amarillo a rojo. El género tiene una gran diversidad de especies que difícilmente se pueden identificar. Se calculan unas 90 del Viejo Mundo, aunque se han descrito más de 1000 especies de Norteamérica, casi todas de Estados Unidos. Sin embargo, algunos autores, fundamentan que sólo el 10% corresponde a especies legítimas, por lo que se reduce el número de especies identificadas. Algunas son nativas de México, una de las cuales se cita también de Centro y Sudamérica. En México, se les llama “tejocotes” y algunos son preferidos, principalmente por sus frutos que son comestibles (Calderón y Rzedowski, 2005; Kalkman, 2004; Holland, 2008).

2.4.4. *Crataegus mexicana* Moc & Sessé, 1825 (Rosales: Rosaceae)

Es un árbol originario de México; su nombre común “tejocote” deriva del náhuatl: *telt* (piedra), *xocotl* (fruto ácido) “fruta ácida y dura” (Simeón, 1997; CONABIO, 2016), con amplia distribución desde Centroamérica hasta Ecuador (Núñez *et al.* 2008), es un árbol espinoso, de 4-10 m de alto; peciolo hasta de un cm de largo, láminas romboideo-elípticas a ovadas u oblongas a obovadas, de 3-11 cm de largo por 1-5 cm de ancho, ápice agudo u obtuso, borde aserrado, a veces algo lobado, base cuneada, haz verde oscuro, poco piloso o glabro, envés más pálido,

esparcida o densamente pubescente; corimbos de pocas flores; sépalos lanceolados, tomentosos, de alrededor de cinco mm de largo, subenteros o glanduloso-aserrados; pétalos blancos, de un cm de largo o menos; fruto parecido a una pequeña manzana de color amarillo o naranja de 2-3 cm de diámetro; semillas de color café y lisas. Comúnmente conocido como “tejocote” ampliamente distribuido en el Valle de México. A menudo cultivado a altitudes de 2,250-3,000 msnm. En Bosques de encino y pino o de *Abies*, comúnmente en comunidades secundarias. Centro y sur de México, también en Centroamérica; Ecuador y Perú, donde probablemente ha sido introducido (Calderón y Rzedowski, 2005; Pérez *et al.*, 2008).

Esta planta frecuentemente ha sido identificada como *C. pubescens* (H.B.K.) Steud., aunque Phipps (1997) dice que corresponde a otra especie y que además es homónimo posterior de *C. pubescens* (Presl) Presl. Aunque hay problemas con la identificación taxonómica en el siguiente apartado se hace referencia a la descripción botánica del tejocote y de las especies existentes en México.

2.5. Descripción botánica del tejocote

En México, se consideran 13 especies originarias de las existentes a nivel mundial (Phipps, 1997), comúnmente denominada tejocote que tiene diversos nombres lo cual depende del estado donde se encuentre, en Chiapas le conocen como: *kanal*, *chishte*, manzanilla, manzanita, tejocote cimarrón; Distrito Federal: *texocotl*, palabra que proviene del Náhuatl; Estado de México: *npeni* del otomí, pelo-uj, yaga-be-lohui de la lengua zapoteca; en Michoacán: *karhasi* del purépecha, pedyi de la lengua mazahua, en Oaxaca; manzanilla, manzanita, en los demás estados se le conoce como tejocote (Argueta y Cano, 1994; SIRE *et al.*, 2016).

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2016) describe al tejocote con el nombre científico de *Crataegus pubescens*. Aunque en algunos documentos citados actualmente el tejocote tiene el nombre

científico de *Crataegus mexicana*, especie presente principalmente en el estado de Puebla (Núñez *et al.*, 2012). La clasificación del tejocote ha generado polémica, debido a que no se han identificado con exactitud las especies y variedades (Núñez y Hernández, 2011), en este trabajo el nombre científico que se va a tomar para describirlo será *Crataegus mexicana* Moc & Sessé, 1825.

La siguiente descripción la proporciona la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2016); y el Sistema Nacional de Información Forestal (2016), sus principales sinonimias son: *Crataegus mexicana* Moc & Sessé; *Crataegus stipulosa* (Kunth) Steud; *Mespilus pubescens* Kunth.

Es un árbol o arbusto caducifolio que mide 4-10 m de altura comúnmente tiene espinas. Tiene una copa ovoide extendida, por lo que proporciona una sombra densa. Sus hojas son simples, alternas, romboides-elípticas u ovado lanceoladas, agudas, margen aserrado, en forma irregular; haz verde oscuro y glabro; envés más pálido y a veces pubescente. El tronco es recto, sus ramas son rígidas y con espinas, aunque esto depende de la especie. Su corteza es gris-rojiza y se desgaja en tiras. Las flores se presentan en forma de umbelas terminales con 2-6 flores; pétalos blancos, de 7-10 mm de largo. Los frutos tienen mucha semejanza a una manzana pequeña de color amarillo-naranja, de 1-2 cm de diámetro. Las semillas están rodeadas por un endocarpo o hueso leñoso; son de color café y son lisas. La raíz tiene un sistema radical pivotante, profundo y sensible; además, son plantas hermafroditas

Se distribuyen en Chiapas, Distrito Federal, Guerrero, Hidalgo, Estado de México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Sinaloa, Tlaxcala y Veracruz. En altitudes de 1,200 hasta 3,000 msnm.

Habita en laderas de cerros con topografía escarpada con pendientes del 60%, en barrancas y en las zonas de cultivo. Le favorecen los suelos ácidos y francos. Aunque también se desarrolla en suelos negros, arcillosos, pedregosos de origen

sedimentario y volcánico. Se encuentra principalmente en Bosque de Pino, Bosque de encino, Bosque de pino-encino, Bosque tropical subcaducifolio y Bosque mesófilo de montaña. Se puede asociar con *Pinus patula* y *Pinus teocote*, en zonas templadas húmedas o subhúmedas.

Con respecto a la fenología es de follaje caducifolio, florece de enero a abril, los frutos se forman en la primavera, pero maduran hasta noviembre principalmente. Tienen un desarrollo moderado, los árboles viven de 30 a 40 años en promedio. Producen hojas, frutos, madera y semillas. Los huertos de tejocote pueden producir durante 3 o 4 años rendimientos de 90 ton/ha. Se propaga de forma asexual por medio de acodo aéreo y estacas; de forma sexual con semillas que se convertirán en plántulas al germinar. Es tolerante a la sombra, aunque demanda mucha luz, a inundación periódica o permanente, le afecta el exceso de humedad; puede tolerar sequías prolongadas; también, suelos ligeramente alcalinos o ácidos (Tamayo, 1978; Smith, 2011; BDMTM, 2016).

Es recomendable realizar el trasplante cuando las plantas son jóvenes, con tallos menores de 8 cm de diámetro y con cepellón, preferentemente en invierno (en su período de latencia). Estas toleran la poda, inclusive dejando un muñón pueden brotarle ramas de nuevo. La poda interfiere en la producción de los frutos, por ello se recomienda poda de formación y aclareo. Después de ser sembrado el frutal requiere riego, aunque sea mínimo. La distancia de plantación es de 6 m entre cada árbol.

2.6. Importancia del tejocote

El árbol del tejocote tiene diversos usos como ecológico, hortícola, pecuario, medicinal, industrial, entre otros (Nieto y Borys, 1991). Se ha utilizado como árbol portainjerto con membrillo, manzana y pera principalmente. Tradicionalmente en Puebla, el tejocote tiene cultivos intercalados de maíz-frijol, principalmente.

También sirve para reforestar o restaurar en taludes, barrancas y zonas semiáridas (Borys y Leszczyńska, 1994; CONABIO, 2016).

Dentro de las ventajas del frutal se encuentran los servicios ambientales que efectúa debido a que conserva el suelo, controlando la erosión. Sirve de sombra y de refugio para los animales e insectos que lo habitan. Es una planta de ornato común en diferentes áreas verdes del Valle de México (Borys, 1989; CONABIO, 2016).

Su madera se utiliza como leña y se hacen mangos para herramientas debido a que la madera es dura y compacta (CONABIO, 2016). Los frutos son comestibles, se consumen crudos por los seres humanos, pero generalmente se preparan en dulces y mermeladas. Una de las características más importantes del fruto es su alto contenido en pectina, misma que se usa en la industria como coagulante de jaleas y mermeladas (Martínez *et al.*, 2000). También, se extrae la pectina para ser utilizada en la elaboración de cosméticos, en la industria farmacéutica, textil y siderúrgica (Pedroza *et al.*, 1995; Beli *et al.*, 1997). Se utiliza como forraje ya sea el fruto, hojas o brotes tiernos; para alimento de cerdos, chivos, borregos y conejos.

En la medicinal se ocupa la raíz, fruto, corteza y flor. La raíz en infusión, se utiliza como diurético y contra la diarrea. El fruto se usa para tratar la tos, la congestión del pecho y para padecimientos del corazón (Latorre y Latorre, 1977; Alberti, 2006; Núñez, 2009). También las flores aportan beneficios en la apicultura porque son utilizadas por las abejas (Edwards *et al.*, 2012).

2.7. Fitoquímica del tejocote

Se han realizado diversos estudios en tejocote y se ha encontrado que es importante su contenido de fenoles y flavonoides (Núñez *et al.*, 2007; García *et al.*, 2012; Yang y Liu, 2012; García *et al.*, 2013a; García *et al.*, 2013b). En otros

trabajos como el de Nieto (2007), se determinó que el fruto contiene zinc, hierro, cobre, sodio, calcio, magnesio, fósforo y potasio, así como vitamina C, tiamina, riboflavina y niacina (Tahirović *et al.*, 2012). Además, se han realizado investigaciones del género *Crataegus* para hacer mejoramiento genético (Núñez *et al.*, 2005; Nieto *et al.*, 2009; Núñez *et al.*, 2009).

También, se ha investigado sobre la caracterización morfológica y bioquímica del fruto de tejocote (*Crataegus mexicana* DC.) en Santa María Tlalmimilolpan, Lerma y Ocoyoacac, México, donde se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) en las siguientes variables: peso, longitud (L) y diámetro de fruto (D); en la relación L/D, porcentaje de pulpa; peso, longitud del eje mayor y longitud del eje menor del endocarpio; pH, acidez titulable, compuestos fenólicos y azúcares totales (Franco *et al.*, 2009).

2.8. Problemas fitosanitarios del tejocote

En el estado de Puebla el tejocote es una especie importante para las familias del ámbito rural, debido a que los productores tienen un sistema de producción diversificado, donde su agricultura es tradicional y se caracteriza por tener frutales criollos que se manejan de manera rústica. En este sistema se intercalan cultivos anuales y forrajeros entre las hileras de los árboles, con la finalidad de asegurar la alimentación de la población rural (Mendoza, 2010).

Los principales problemas fitosanitarios que reporta la CONABIO (2016) son por bacterias *Erwinia amylovora* (tizón de fuego), por hongos a las ramas, el fruto, el tronco y las plántulas, por ejemplo: *Nectria* sp. Predispone cáncer de tronco y ramas, *Diapotha* sp. propicia pudrición de tronco y ramas, *Phitophthora* sp. causa ahogamineto de plántulas y *Gymnosporangium* sp. favorece roya del fruto. Los daños que ocasionan los insectos son variados y se encuentran en el tronco ramas, fruto, hojas, brotes. Pueden existir ataques de mariposas, gusanos barrenadores, escamas, minadores de hojas y ácaros. *Rhagoletis pomonella*,

comúnmente llamada mosca de la fruta, cuya larva se alimenta del interior del fruto, *Melanopsis calura*, escama que chupa los jugos del tronco y ramas. *Aphis gossypii* y *A. pomi*, pulgones (ninfa y adulto) chupan los jugos de las hojas y brotes.

2.8.1. Barrenador del tejocote

La clasificación taxonómica de *C. crataegi* es la siguiente:

Reino: Animalia

Filum: Arthropoda

Clase: Insecta

Subclase: Dicondylia

Orden: Coleoptera

Familia: Curculionidae

Género: *Conotrachelus*

Especie: *crataegi*

Nombre Científico: *Conotrachelus crataegi* Walsh, 1863

Este insecto afecta principalmente al fruto de tejocote, pertenece al orden Coleoptera y a la familia Curculionidae, por lo que a continuación se describen:

2.8.2. Orden Coleoptera

No existe una cantidad exacta hasta el momento de estos insectos en el planeta. Pero son más de 400,000 especies de coleópteros conocidas y se tiene conocimiento que componen el grupo biológico más numeroso, superando a cualquier otro grupo de insectos, plantas, aves o mamíferos (UMU, 2016).

Generalmente, estos insectos presentan un cuerpo endurecido, cuando son adultos se les denomina comúnmente como mayates, escarabajos, pulgas,

catarinas, vaquitas, gorgojos, picudos, entre otros. Son pequeños desde milimétricos hasta con varios centímetros en tamaño. Su aparato bucal es masticador, está provisto de mandíbulas fuertes. Tiene ojos bien desarrollados. Las antenas son de diferentes tipos, dependerá de la especie, pero pueden ser acodadas, lameladas, filiformes y aserradas. El tórax con el primer par de alas endurecido, tipo estuche que protege al segundo par de alas las cuales son membranosas, que tienen la función de ayudar en el vuelo. El primer par de alas se denomina élitros, algunas ocasiones están soldadas; las alas membranosas pueden estar reducidas en tamaño o ausentes en algunas especies. Las patas varían en el número de segmentos en los tarsos. El Abdomen tiene 10 segmentos. Las larvas pueden presentar o no, patas torácicas (Coronado y Márquez, 1986; Atlas de zoología, 1999; Gullan y Cranston, 2005).

Son insectos de metamorfosis completa ya que pasan por cuatro estados tales como: huevo, larva (con varios instar), pupa y adulto. Se alimentan de materia vegetal y animal viva o muerta. Debido a estas características existen coleópteros que son importantes en la agricultura, algunas especies se alimentan de animales muertos, aunque algunas larvas o adultos, se comen a otros animales, en especial a otros insectos, por lo tanto, se les puede utilizar en el control biológico de plagas de importancia económica (Coronado y Márquez, 1986; Resh y Cardé, 2003).

2.8.3. Familia Curculionidae

Estos insectos tienen forma oval, alargada, cilíndrica y algunas especies son robustas, de color negro, gris, café, verde y rojizo. Tienen una longitud que varía desde 1 mm hasta 3.5 cm; tiene cabeza más o menos esférica que se prolonga en un pico que lleva en el extremo el aparato bucal, por lo que se les denomina picudos, sus ojos son redondos generalmente. Sus antenas pueden ser rectas, geniculadas, monoliformes o claviformes de 10 a 12 segmentos. El protórax es más ancho que la cabeza. Las patas con el fémur frecuentemente dilatado en el extremo, en casos particulares se encuentran provistos de dientes ventrales; los

tarsos constan de cinco segmentos, el cuarto es muy pequeño. Los élitros cubren el abdomen, pero a veces dejan descubierto el extremo. Las alas están bien desarrolladas, aunque en algunos casos pueden faltar. Las larvas son ápodas, curvas, robustas, con cabeza de color café oscuro, carecen de patas torácicas y abdominales. Todas las especies de esta familia son fitófagas y algunas son de importancia agrícola (Coronado y Márquez, 1986; Resh y Cardé, 2003).

2.8.4. *Conotrachelus crataegi*

En Estados Unidos de América, es una plaga muy destructiva debido a que daña al fruto del membrillo. En estado de larva y pupa pasa el invierno en el suelo, las cuales se forman en la primavera. Los adultos aparecen en verano, por lo general en la segunda semana de julio. Estos escarabajos de color gris pardusco son de aproximadamente 6.35 mm de largo. Únicamente las hembras ovipositan un huevo por fruta, estos eclosionan de 7-10 días. Las larvas realizan galerías en la pulpa de los frutos. Rara vez alcanzan la semilla. Aproximadamente, en agosto, las larvas maduran y abandonan el fruto para hacer celdas en el suelo de 5-8 cm de profundidad, donde permanecerán hasta el próximo año. Los adultos pueden ser controlados en los árboles frutales por medio de aplicaciones de fosmet, este es uno de los compuestos registrados, para su uso contra esta plaga (Douglas y Cowles, 2011).

Los adultos de *C. crataegi* tienen una longitud de 3.75-5.75 mm. El protórax y los élitros son de color marrón rojizo. Tiene cabeza puntiforme, pico moderadamente fuerte y curvado; más largo que el protórax, ligeramente más larga en las hembras que en los machos. Antenas insertadas aproximadamente en un cuarto a un tercio del ápice. Es una plaga económicamente importante en el membrillo, los membrillos infestados se deforman y tienen nudos. El picudo pasa el invierno como larva, enterrándose de 5-8 cm por debajo de la superficie del suelo. La pupación tiene lugar en la primavera, los adultos emergen de la tierra en junio y julio y se alimentan de la fruta y en cierta medida, de las hojas. Las hembras

barrenan el fruto y depositan un huevo en cada hoyo. Las larvas se alimentan de la pulpa, una larva consume alrededor de la mitad de la pulpa antes de caer al suelo entre agosto, septiembre y octubre para después caer al suelo. Hay una generación en un año, y el insecto puede pasar de 7-11 meses en el suelo (Frederick, 1942).

Maier (1980), realiza estudios en laboratorio y en campo y observa que los adultos y las larvas del picudo de membrillo, *C. crataegi* Walsh, se desarrollaron en los árboles de manzana en un huerto abandonado, por lo que concluye que debido a la abundancia de adultos y larvas de *C. crataegi* en el huerto de manzana abandonado podría estar evolucionando para adaptarse a este frutal.

2.9. Métodos de control

Los insectos han sido enemigos del ser humano desde tiempos ancestrales, debido a que algunas especies consumen lo que los humanos producen, por lo que existen diversos métodos de control para los insectos; los principales son el control biológico, cultural, químico y el manejo mixto o integrado (Romero, 2004). Se denomina plaga a cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino para las plantas o productos vegetales (SENASICA, 1997; FAO, 2004).

2.9.1. Control biológico

Es el uso de organismos benéficos conocidos como enemigos naturales, que causan daño a insectos plaga. Por lo tanto, un organismo indeseable puede eliminarse localmente, aunque también puede reducirse a una escala que no cause daño económico. La erradicación de las plagas puede parecer algo ambicioso, además que podría lograrse, pero esto generaría problemas ecológicos. Debido a esto el objetivo del control biológico es reducir las poblaciones de la plaga de tal manera que no cause daños económicos, de este

modo se controla la plaga (presa) y se mantiene el insecto que la controla (depredador). A estos se les denomina enemigos naturales y pueden ser depredadores, parasitoides hongos y bacterias; siempre y cuando se les trate de manera adecuada para no causar desequilibrio en las poblaciones de depredador-presa (Carballo y Guaharay, 2004; Nicholls, 2008).

2.9.2. Control cultural

Son las diferentes prácticas culturales que se desarrollan en los cultivos de manera ordinaria con la finalidad de prevenir el ataque de insectos plaga. Este control evita los problemas fitosanitarios de las plantas, porque interviene principalmente en el ciclo biológico de la plaga (Conant y Fadem, 2011). Algunas de las prácticas que se pueden realizar son atrasar o adelantar las fechas de siembra, evitar monocultivos, fertilizar con abonos orgánicos, también realizar prácticas de saneamiento como: podas, recolectar frutos y partes vegetales infestadas, eliminar residuos infestados de las cosechas y limpiar el terreno (Alatorre *et al.*, 2016).

2.9.3. Control químico

Es el uso de insecticidas sintéticos en las plagas objetivo para prevenir su desarrollo. Estas sustancias son tóxicas, por lo que controlan o exterminan cualquier tipo de plaga que daña a los cultivos o que puede hacerle daño al ser humano. Además de que contaminan el medio ambiente, son dañinos a los humanos, mata indiscriminadamente a otros insectos benéficos y en los insectos nocivos pueden causar resistencia; por lo tanto, su uso debería ser aplicado con poca regularidad (Rogg, 2000).

Por la toxicidad de los insecticidas diversas organizaciones han tratado de clasificarlos, actualmente la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2016) presenta la clasificación más aceptada a nivel mundial (Cuadro 2):

Cuadro 2. Clasificación de los insecticidas según la categoría toxicológica por la Organización Mundial de la Salud

Color Banda	Clasificación de la OMS según los riesgos	Clasificación Peligro
Rojo	I a Producto sumamente peligroso	Muy tóxico
Rojo	I b Producto muy peligroso	Tóxico
Amarillo	II Producto moderadamente peligroso	Nocivo
Azul	III Producto poco peligroso	Cuidado
Verde	IV Producto que Normalmente no ofrecen peligro	Cuidado

Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS, 2016)

2.9.4. Control mixto o integrado

También denominado manejo integrado de plagas (MIP) empezó a tener auge en la década de 1980 porque los insecticidas químicos no controlaron a los insectos en su totalidad. Se define como un sistema que regula las plagas, tomando en cuenta el hábitat y la dinámica poblacional de la especie objetivo, utilizando los métodos y técnicas apropiados, con el objetivo de mantener las poblaciones en niveles que no originen daños económicos (Oliva y Barba, 2002).

El MIP tiene como objetivo limitar daños a los cultivos, al mismo tiempo disminuir los efectos adversos en los organismos beneficios para el cultivo y entorno que lo rodea; así como en los productores que realizan las diferentes prácticas agrícolas. Para que el MIP sea exitoso, se debe conocer perfectamente la biología de los insectos plagas, sus enemigos naturales y la cosecha, con la finalidad de utilizar de manera racional una variedad de técnicas de cultivo y de control bajo diferentes circunstancias. Por lo tanto, las medidas de control que se pueden utilizar en MIP incluyen: insecticidas, control biológico y cultural, resistencia de las plantas, así como las técnicas que interfieren con la fisiología y la reproducción de la plaga,

como la modificación genética (técnica del insecto estéril), los semioquímicos (feromonas) y métodos de control de crecimiento-regulador de insectos (Bahena, 2003; Gullan y Cranston, 2005; Alatorre *et al.*, 2016).

CAPÍTULO III. MARCO TEORÍCO Y CONCEPTUAL

En este apartado se consideran aspectos teóricos y metodológicos que ayudarán a entender el problema de investigación en este trabajo. Se partirá del enfoque agroecológico que maneja de manera holística al agroecosistema, con la finalidad de verlo como un complejo total y no individual, para así poder tener un equilibrio dinámico en los sistemas de producción. Por lo que a continuación se explicarán los siguientes conceptos: Teoría General de Sistemas, Sistemas, Desarrollo Sostenible, Agroecología, Agroecosistemas y Estrategia (Fig. 1).

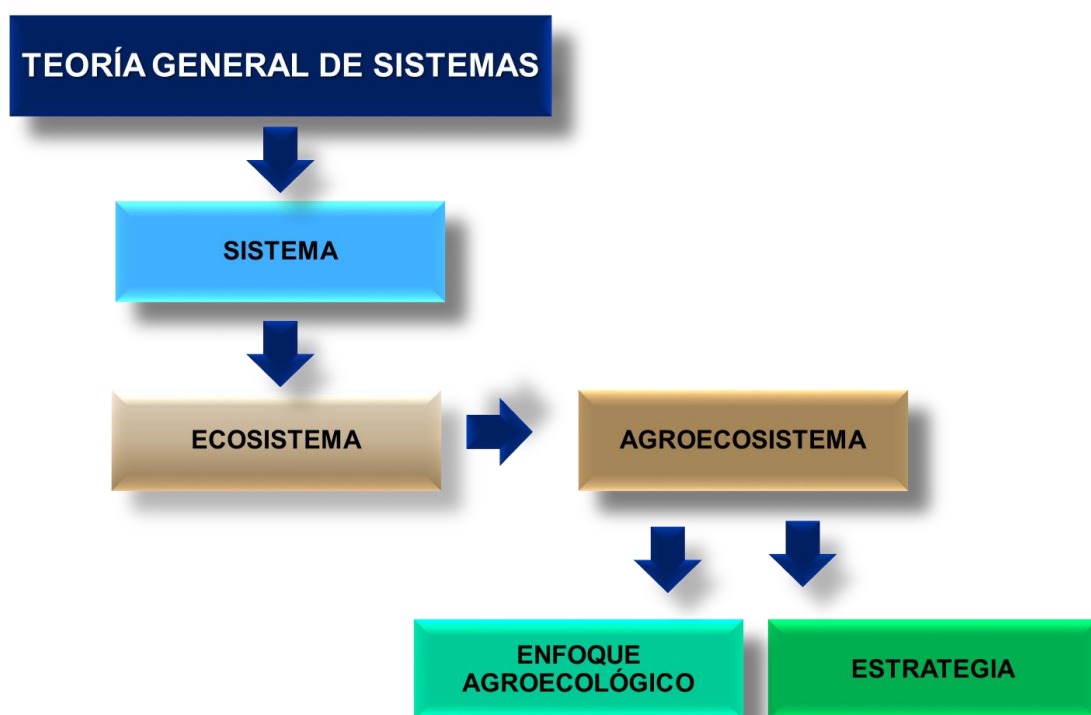


Figura 1. Esquema de los conceptos teóricos que explican el problema de investigación

3.1. Teoría general de sistemas

Esta teoría fue definida por Bertalanffy en el año de 1947, a pesar del tiempo sigue vigente, aunque ha ido evolucionando. Esta teoría describe la estructura y el comportamiento de los sistemas que cubren el aspecto completo de sistemas técnicos y conceptuales. Se exhibe como una forma sistemática y científica de aproximación y representación de la realidad, para trabajar de forma transdisciplinaria. Se caracteriza por su perspectiva holística e integradora, y se le da importancia a las relaciones y los conjuntos que emanan de ella. Para Bertalanffy la Teoría General de Sistemas *“se constituye como un mecanismo de integración entre las ciencias naturales y sociales, al mismo tiempo un instrumento básico para la formación y preparación de científicos”* (Arnold y Osorio, 1998).

La teoría general de sistemas se fundamenta en tres premisas básicas: 1) Los sistemas existen dentro de otros sistemas, es decir; en un sistema mayor se encuentra uno de tamaño menor. 2) Los sistemas son abiertos. 3) Las funciones de un sistema dependen de su estructura. También, tiene metas las cuales son: *“Tendencia general hacia la integración de las ciencias naturales y sociales. Tal integración parece girar en torno a una teoría general de los sistemas. Es un recurso importante para la búsqueda de los campos no físicos de la ciencia. Al elaborar principios unificadores que marchan verticalmente en las ciencias, esta se acerca a la unión de la ciencia. Conducir a una integración, que es fundamental en la instrucción científica”* (Bertalanffy, 2004).

De manera personal, la teoría general de sistemas de Bertalanffy, es una herramienta teórico-metodológica que percibe al sistema de forma holística e interdisciplinaria, donde cada elemento cumple una función con la finalidad de que los sistemas sean prácticos de analizar.

3.2. Sistemas

Diversas son las definiciones de sistemas, para Becht (1974), es un acomodo de elementos físicos relacionados de tal manera que actúan como una unidad. De Rosnay (1975), define al sistema como un conjunto de elementos que interactúan de manera dinámica, que se organizan para cumplir un objetivo. En el caso de Bertalanffy (2004), es una engorrosa interacción de elementos, es decir; es un conjunto de objetos unidos por alguna forma de interacción, sustituido de partes interdependientes denominadas subsistema que funcionan juntas, siendo esta la evidencia de que un sistema no es una suma de elementos, sino un conjunto de elementos interrelacionados. Spedding (1979), dice que es un grupo de componentes que pueden funcionar equitativamente con la finalidad de cumplir un propósito común, además, de que son capaces de reaccionar juntos al ser estimulados por dominios externos, por lo que el sistema no está afectado por sus salidas, tiene límites específicos con respecto a los mecanismos de retroalimentación.

Por lo que la FAO (2005), menciona que un sistema es la combinación de subsistemas jerarquizados e interdependientes, donde cada uno de sus componentes puede ser analizado como un sistema separado; además, que el estudio de su composición es su análisis estructural, el cual consiste en describir y estudiar los distintos elementos que lo componen, reduciendo su complejidad a una cantidad limitada de elementos. El análisis de un sistema combina tres aspectos: “los **estructurales**, que son la descripción, el estudio de sus elementos, su organización y su complejidad; el **funcional**, que es la descripción, el estudio de las interacciones y los intercambios entre estos componentes, así como de sus roles respectivos; y los **dinámicos**, que son el estudio de la evolución del conjunto del sistema, sus componentes y las relaciones entre ellos”.

En conclusión, existen diferentes conceptos de los sistemas, debido a esto se podría interpretar al sistema agrícola (sistema tejocote) como un conjunto de

elementos que interactúan de forma dinámica, donde sus elementos tienen funciones específicas y cada uno de ellos permite su funcionamiento, por lo que para entenderlo de mejor manera se utilizó el enfoque agroecológico, que al comprender los elementos del desarrollo sustentable es importante entender aspectos acerca de este concepto.

3.3 Desarrollo Sustentable

Para hablar de desarrollo sostenible primero hay que saber que es el desarrollo según la Real Academia Española (2016), lo define como “acción y efecto de desarrollar; el concepto de desarrollar, dicho de una comunidad humana, es progresar o crecer, especialmente en el ámbito económico, social o cultural”. Para Strange y Bayley (2012) es el “acto o proceso de desarrollar; crecimiento; progreso”. Ambas definiciones coinciden en que el desarrollo va ligado al progreso y crecimiento. En lo personal estoy de acuerdo con Valcárcel (2006), que no hay un patrón universal de desarrollo, porque éste difiere de una sociedad a otra. Debido a que la cultura de los pueblos y sus historias son totalmente diferentes.

Debido a todo el proceso teórico-metodológico que ha sufrido el desarrollo actualmente se ha dado un “apellido” a éste, denominándolo “Desarrollo sostenible”. Actualmente los académicos han adoptado a la sostenibilidad como una ciencia con la finalidad de ligar el progreso económico, la equidad social y la preservación ambiental. Debido a esto el desarrollo sostenible puede ser un marco conceptual: interpretado como una manera de cambiar el enfoque del mundo que actualmente predomina, a una más holística y equilibrada. Un proceso: por la forma de aplicar los principios de la integración a través del espacio y el tiempo en la toma de decisiones. Una meta final: para identificar y arreglar los problemas específicos del agotamiento de recursos, la atención a la salud, la exclusión social, la pobreza y el desempleo, entre otros. (Strange y Bayley, 2012).

Por lo que, el Informe Brundtland lo define como “El desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las

generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (WCED, 1987). Debido a lo anterior, Alonso y Sevilla (S/F) realizan una crítica donde comentan que los responsables de los organismos internacionales encargados de la toma de decisiones con respecto a los acuerdos del informe, únicamente están prestando atención al crecimiento económico con la finalidad de salvaguardar el planeta, pero únicamente confiando en la moral para realizar las acciones que los 27 principios datan. En consecuencia, se hace necesaria la introducción del enfoque agroecológico.

3.4. Agroecología

Es un enfoque que incorpora ideas sobre una visión de la agricultura más ligada al medio ambiente y más sensible socialmente; centrada no sólo en la producción sino también en la sostenibilidad ecológica del sistema de producción. De manera más restringida, la Agroecología se refiere al estudio de fenómenos puramente ecológicos dentro del campo de cultivo; dentro de ellos se encuentran las relaciones depredador-presa o competencia de cultivo-maleza (Hecht, 1999).

Aunque existen estrategias para la forma de cultivar los alimentos y la gran modernización que se ha dado día tras día, aún permanecen los sistemas agrícolas tradicionales. Estos son importantes debido a que poseen elementos de sustentabilidad que se adaptan perfectamente al ambiente local, utilizan recursos locales, son a pequeña escala y conservan los recursos naturales propios del lugar donde se desarrolla esta agricultura tradicional. Desafortunadamente, las estrategias modernas de cultivo ponen en riesgo este sistema; sin embargo, la agricultura tradicional puede proporcionar principios agroecológicos que son importantes para desarrollar agroecosistemas más sustentables, para una agricultura amigable con el medio ambiente donde se puedan preservar los principales recursos naturales, proporcionando productos de mayor calidad a los consumidores (Altieri, 1991).

Establecer sistemas agroecológicos sustentables permite tener mayores beneficios, tales como reciclaje de nutrientes, control del clima local, la regulación de procesos hidrológicos locales, la regulación de la abundancia de organismos indeseables y la detoxificación de residuos químicos nocivos. Estos procesos son principalmente biológicos, al perderse el sistema como tal pierden la capacidad de autoregularse, irrumpiendo en la falta de diversidad y control de plagas; como consecuencia, los productos finales son menores o casi nulos, los productos alimenticios se ven reducidos en cuanto a su calidad (Altieri y Nicholls, 2000).

3.4.1. Agroecosistemas

Es importante entender lo que es un ecosistema, para la CONABIO (2016), es el conjunto de especies que interactúan entre ellas y con su ambiente abiótico, específicas de un área, estas interacciones son procesos como depredación, parasitismo, competencia y simbiosis. Otra manera de relacionarse con su ambiente es mediante la desintegración, proceso que permite ser parte del ciclo de energía y nutrientes. Las bacterias, hongos, plantas y animales son especies del ecosistema que dependen unas de otras. El flujo de materia y energía del ecosistema se da por el vínculo entre las especies y su medio.

El agroecosistema, como unidad de análisis del enfoque agroecológico incluye suelos, cultivos, malezas, plagas y enfermedades, las variaciones en este sistema las provocan sobre todo la naturaleza o características del medio ambiente del cultivo, las plantas huésped y las especies de artrópodos que están presentes, los límites de espacio y tiempo, y la distribución de una especie en un área de cultivo durante el apogeo y la declinación de una epidemia local. Hasta cierto punto, estos sistemas son artificiales, pero de naturaleza estable. La causa de la artificialidad es la homogeneidad de cultivo, mientras que la regularidad y uniformidad de los métodos de manejo originan la estabilidad. Algunas veces la planta huésped y los componentes del suelo sub-suelo pueden limitar el crecimiento de las poblaciones de insectos invasores, y algunos factores de mortalidad, extrínsecos e intrínsecos

a las poblaciones, pueden restringir el número de insectos nocivos. Por lo general los agroecosistemas contienen unas cuantas especies comunes o importantes y numerosas especies raras o menores. El estudio del brote de una plaga en un agroecosistema es el estudio de una especie de insecto destructor con respecto a los factores naturales de regulación, o a los factores creados por el hombre sobre puestos a los naturales, y esto constituye un estudio de los componentes variables del sistema en tales condiciones. Un sistema de tal naturaleza se puede estudiar de manera más fácil que aquellos a los que se enfrenta a menudo el investigador, y se adapta perfectamente al estudio de la dinámica de la población (NAS, 1978; Hart, 1979; Gliessman, 2002).

Por lo tanto, es importante mencionar a la agricultura convencional, intensiva y sostenible, con la finalidad de abordar los conceptos que ubiquen esta investigación en el contexto real.

Agricultura convencional. Este modelo fue adoptado desde la década de los cincuentas, es un sistema de producción “eficiente”, aunque depende en gran medida del uso de insumos sintéticos y por lo tanto externos para mitigar los efectos negativos del manejo inadecuado de los procesos biológicos. En esta se lleva a cabo principalmente la labranza donde se producen granos y forrajes. El paquete tecnológico incluye prácticas como arar, rastrear, y quemar los residuos, dejando el suelo totalmente pulverizado y se justifica como herramienta fundamental para lograr la mayor eficiencia del proceso productivo. Desafortunadamente la agricultura convencional no toma en cuenta el medio ambiente, sus ciclos naturales, ni el uso racional y sostenible de los recursos naturales (Soto *et al.*, 2003).

Agricultura intensiva. Busca una producción grande en poco espacio. Conlleva un mayor desgaste del sitio, se caracteriza por una producción mecanizada, el uso de fertilizantes y otros productos agroquímicos como los plaguicidas, lo que

aumenta el uso de la biotecnología, y un pequeño número de trabajadores agrícolas (Filson, 2004).

Agricultura sostenible. Es un sistema integrado de prácticas de producción de plantas y animales con la finalidad de satisfacer la demanda de alimentos por los humanos, trata de mejorar el ambiente, hacer uso de los recursos no renovables de forma eficiente, también trata de mejorar la calidad de vida de los agricultores y la sociedad de manera holística (Ruiz, 1994; Osorio, 2008). Para lograr una agricultura sostenible, una parte de la biotecnología está dirigida a la producción y comercialización de bioinsecticidas, ya sea por parte de instituciones públicas como por compañías privadas. Dentro del potencial de la biotecnología agrícola y el control biológico (Tamez *et al.*, 2001). Para el desarrollo de una u otra vertiente de la agricultura y desde la perspectiva tratada, se requiere de una estrategia, por lo que a continuación se aprecia su concepto operacional.

3.5. Estrategia

De acuerdo a las diferentes experiencias que se tienen a lo largo de la vida, se plantean estrategias, estas ayudan a realizar las actividades de una mejor manera, ya que pueden ser una guía para resolver cualquier tipo de situación o problema que se presente.

Diversas son las definiciones de estrategia, para Quinn (1991), una estrategia es “el patrón o plan que integra las principales metas y políticas de una organización, y a la vez establece la secuencia coherente de las acciones a realizar”. En lo particular una estrategia es una serie de pasos que deben de ser ordenados cronológicamente, bien diseñados y con un objetivo, claro que también debe haber flexibilidad, para poder cambiar el rumbo dependiendo de las circunstancias en que se esté desarrollando esta estrategia.

Algunos elementos importantes de la estrategia son: Matus (1987), "*Necesita un análisis profundo de viabilidad coherencia y adaptabilidad*". Arellano (1998), "*Depende de las situaciones de los actores*", "*Elabora un diagnóstico y tendencias*". Quinn (1991), "*Objetivos claros y decisivos*", "*Flexibilidad*", "*Liderazgo coordinado y comprometido*", "*Sorpresas*". La meditación profunda es un elemento importante para la estrategia, ya que se deben estudiar todas las posibilidades, desde el inicio hasta el fin, imaginando lo que puede o no suceder durante el proceso de ejecución de la estrategia. Debe tener objetivos claros y decisivos, porque de ellos dependen los tiempos, métodos, materiales, personal, recursos económicos, entre otros elementos importantes. Estos objetivos darán la pauta a seguir en la estrategia y permitirán realizar un desarrollo lo más real posible, para cuando se ejecute la estrategia tenga éxito. La flexibilidad de una estrategia es muy importante, ya que esta ayudará a cambiar el rumbo; dependiendo sí los resultados son o no los esperados, algunas ocasiones los resultados esperados sobrepasan los límites y se deben tomar otro tipo de acciones para poder cumplir con lo establecido en la estrategia. De ahí que la flexibilidad es muy importante, ya sea para algo positivo o negativo.

El tiempo también es un elemento muy importante para poder desarrollar una estrategia, ya que de él dependerá si se puede o no planear dicha estrategia, porque hay realidades que son utópicas en el tiempo y no se podrán lograr como las que son verdaderamente posibles y factibles de realizar en tiempo y forma.

Las estrategias deben ser diseñadas desde abajo, donde se encuentra el problema, estando empapados e inmersos en esa realidad que muchas ocasiones es ignorada, sin saber si las necesidades sentidas por los agricultores son las que realmente la estrategia formulada desde arriba "trata de solucionar", por lo que a veces en lugar de ser una solución real es un problema fatal. Esto debido a que las personas que diseñan las estrategias no viven la realidad como las personas que se encuentran sufriendo esta realidad. Y es muy fácil crear sin observar, que

estar ahí dentro del problema. Viviendo y padeciendo las necesidades de los afectados (Osorio, 2003).

Otro punto importante son las políticas que se deben desarrollar en beneficio de los más afectados, haciendo valer sus derechos y necesidades. Políticas reales bien formuladas, pero que además sean bien aplicadas para quienes fueron diseñadas. El financiamiento es importante para los productores que desean alcanzar los objetivos de las estrategias planteadas, este financiamiento debe contar con tasas de interés alcanzables para ellos, además, que deben proporcionar confianza social para cada uno de los productores (Schröder, 2004).

Al realizar las estrategias se toman en cuenta varios factores, pero pienso que entre ellos también se debería valorar el rol que los actores internos juegan, que es a quienes se les va a diseñar la estrategia. Se debería ejecutar y posteriormente evaluarla para poder tener resultados fehacientes de que la estrategia está teniendo un buen desempeño y si no es así entonces poder modificarla de modo que las cosas mejoren, que los resultados sean satisfactorios para los actores. De ahí la importancia de estudiar las estrategias para saber cuáles deben ser los principales elementos que la componen y poder tomar las decisiones necesarias en los tiempos correctos. A continuación, se presenta la metodología que se siguió para atender esta investigación.

CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA GENERAL

En el proceso de investigación fue necesario realizar una serie de pasos que ayudaron a cumplir los objetivos que se plantearon en este trabajo. Por lo tanto, en este estudio se aprecian claramente tres etapas que fueron desarrolladas cíclicamente: una de laboratorio, otra de campo y una tercera de gabinete. En la figura 2 se presentan las fases y pasos comprendidos en la metodología general del estudio.



Figura 2. Etapas de la metodología general para estudiar la incidencia, ciclo biológico y manejo de *Conotrachelus crataegi* Walsh en tejocote (*Crataegus* spp.) en tres municipios de la Sierra Nevada de Puebla

La investigación se llevó a cabo en un periodo comprendido de 4 años (2012-2014), en el año 2012 se acudió al Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Puebla (CESAVEP) con los directivos para poder definir el área donde se realizó el estudio y la selección de los diferentes municipios, tomando en cuenta el

tiempo y el recurso económico con el que se contaría para poder desarrollar la investigación.

En el año 2013, se realizó una serie de muestreos sistemáticos en dos huertos ubicados en el municipio de Calpan, de igual manera una serie de muestreos al azar en diversos huertos de Calpan, Domingo Arenas y Huejotzingo, los cuales sirvieron para ubicar los huertos con mayor incidencia de barrenador. Por lo que, se procedió a la ubicación de los dueños de los predios y solicitar los permisos correspondientes a los productores y a las autoridades encargadas de dichos municipios.

4.1. Fase de campo

4.1.1. Zona donde se desarrolló el estudio

La aplicación del cuestionario y los muestreos del desarrollo del ciclo biológico se realizaron en tres localidades de la Sierra Nevada de Puebla; importante zona frutícola productora de tejocote, ubicada en la parte centro oeste del estado, en la zona fría glacial, con un clima templado subhúmedo con lluvias en verano y temperaturas promedio anuales de 15°C, precipitaciones promedio de 900 mm, y altitud que van de los 2,200 a 2,400 msnm (INAFED, 2010).

La figura 3 muestra la georreferenciación de las localidades de San Andrés Calpan (19°06'36" y 19°41'12" de latitud norte y los meridianos 98°23'54" y 98°32'24" de longitud occidental), Domingo Arenas (19°06'36" y 19°08'48" de latitud norte y los meridianos 98°26'24" y 98°28'24" de longitud occidental) y Huejotzingo (19°13'32" y 19°06'36" de latitud norte y los meridianos 98°20'18" y 98°39'00" de longitud occidental) (INEGI, 2009).

4.1.2. Selección de huertos

La selección de los huertos se realizó con ayuda del Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Puebla (CESAVEP). Por lo que se realizaron muestreos

previos con la finalidad de diagnosticar los municipios con mayor incidencia de barrenador y los huertos con mayor contaminación de dicha plaga. Aunado a esto también se decidió que en estos tres municipios se aplicará el cuestionario a los productores de tejocote.

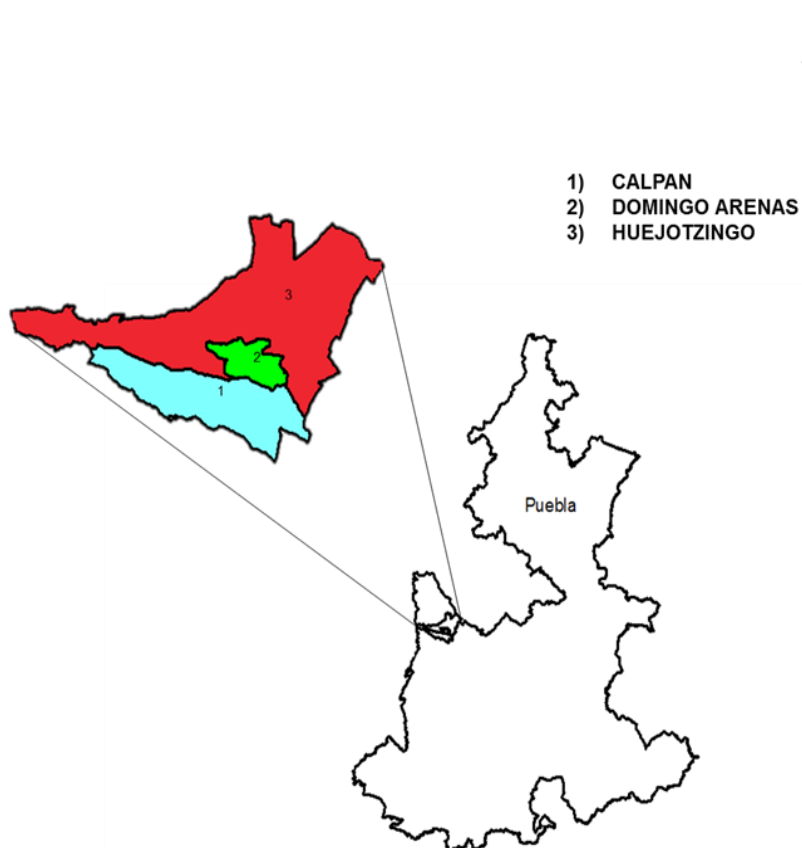


Figura 3. Localización de los municipios de la Sierra Nevada, donde se llevó a cabo el trabajo de investigación

4.1.3. Ciclo biológico de *C. crataegi*

Se seleccionaron tres comunidades y en cada una se seleccionó un huerto de tejocote con antecedentes de incidencia del barrenador, se realizaron muestreos quincenales para coleccionar los diferentes estados de desarrollo del barrenador; se realizaron 11 muestreos en el follaje del árbol para coleccionar adultos. Adicionalmente se realizaron 12 muestreos de fruto en el mismo año, en los

primeros nueve muestreos se colectaron frutos en ramas y los últimos tres, fueron frutos colectados del suelo. Los muestreos de suelo se realizaron con la finalidad de observar larvas, pupas y pre-adultos.

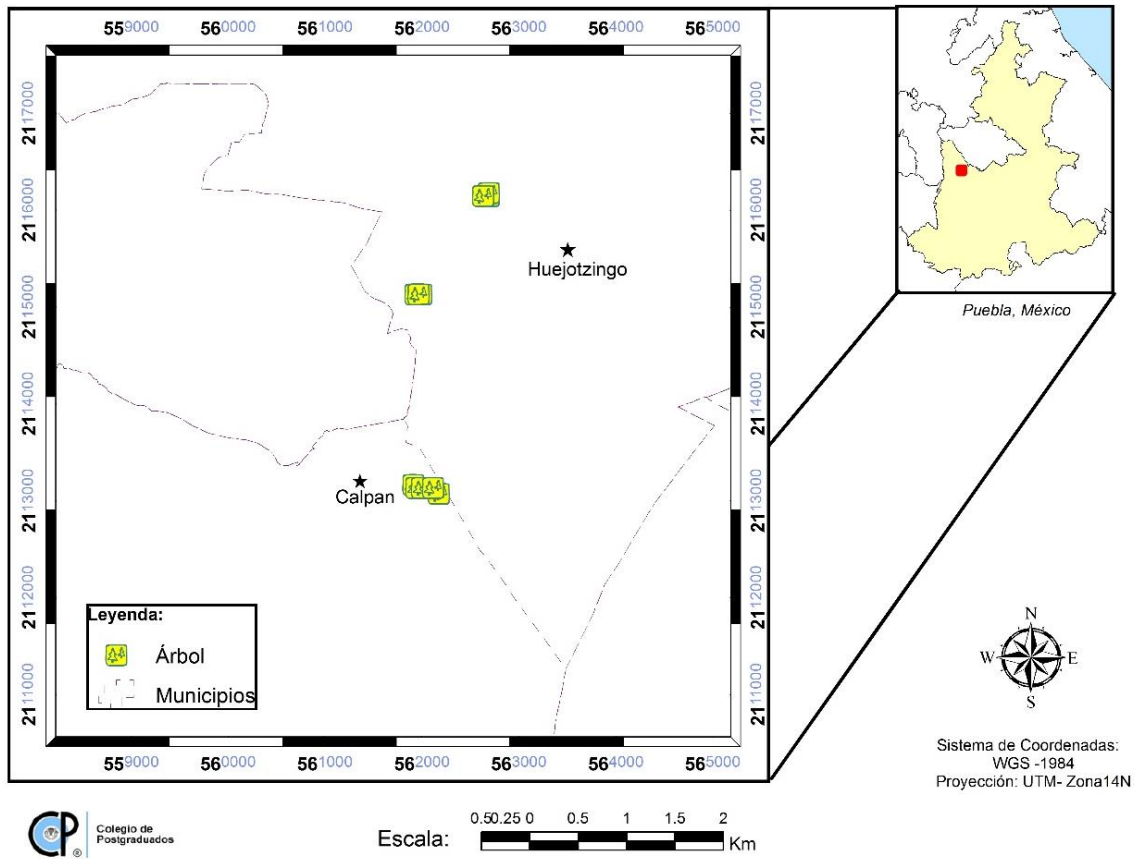
*4.1.4. Muestreo de follaje para determinar la fluctuación poblacional de adultos de *C. crataegi**

Se aplicó la metodología empleada por González *et al.*, (2002) y el Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Guanajuato (CESAVEG, 2007), con modificaciones como: el tamaño de la manta que se utiliza en los muestreos es de 2x2 m, en la investigación el tamaño fue de 1x1.5 m, el CESAVEG realiza el muestreo únicamente a una rama, en la investigación se realizó a tres ramas y cada semana se muestreaba la rama contigua al muestreo anterior, de derecha a izquierda del lado donde sale el sol, tratando de que se muestrearan todas las ramas del árbol. También se realizaron muestreos de suelo en el área de goteo del árbol de 1-1.20 m a partir del tronco, por medio de cubos de 50x50x20 cm.

Se realizaron las colectas en las mismas localidades donde se estudió el ciclo biológico. Los muestreos de follaje se realizaron sacudiendo vigorosamente tres ramas en diferentes orientaciones del árbol, de modo que se pudiera cubrir la mayor área de follaje, se muestrearon 5 árboles por huerto (Fig. 4). El material biológico colectado se trasladó al Laboratorio de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados Campus Puebla, donde fueron montados en alfileres entomológicos y conservados para su identificación.

4.1.5. Muestreo de huevos y larvas en fruto

En el periodo de colecta de frutos se colectaron 10 frutos por árbol al azar, se colocaron en bolsas medianas de plástico con cierre hermético marca Ziploc® y se trasladaron al laboratorio para ser revisados en el microscopio estereoscópico marca Motic® SMZ-168. 1:6.7 Zoom Ratio Stereomicroscope, con ayuda de un bisturí para observar huevos y larvas dentro del fruto.



Fuente: Datos tomados en el lugar de estudio. Cortesía M. en C. Gmelina Dueñas López

Figura 4. Ubicación de los huertos de tejocote donde se realizaron los muestreos en localidades de la Sierra Nevada de Puebla

4.1.6. Muestreos de suelo para colecta de larvas, pupas y pre-adultos

Se realizaron muestreos quincenales de suelo la variable a evaluar fue la cantidad de larvas, pupas y pre-adultos colectados en los diferentes huertos. Con ayuda de una pala alrededor del área de goteo del árbol. Posteriormente, la tierra se filtró por un tamiz metálico. Los ejemplares se llevaron al laboratorio para su tratamiento, con la finalidad de preservar el material biológico (Steyskal *et al.*, 1986; Márquez, 2005).

4.1.7. Aplicación de cuestionario

La aplicación de las encuestas se realizó por medio de visitas a las casas de los productores; cuando se presentaron conferencias a grupos de productores para la explicación del ciclo biológico del barrenador en campo. También por recomendación de algún productor cuando se encuestaba.

4.2. Fase de laboratorio

*4.2.1. Material biológico colectado en los muestreos del ciclo biológico de *Conotrachelus crataegi**

En esta fase se colectó todo el material biológico de los diferentes muestreos que se realizaron durante 14 meses y medio (15 marzo de 2014 a 29 mayo 2015). Los adultos se colectaron en recipientes de 250 ml de plástico, posteriormente se llevaron al Laboratorio de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados, donde se observaron hembras y machos; además, se montaron en alfileres entomológicos del número dos. De los frutos colectados por huerto y muestreo se revisaban en laboratorio bajo el microscopio con ayuda del bisturí con el objetivo de observar los huevos y larvas que se encontraban alimentándose. Las larvas colectadas del suelo se hirvieron en agua para posteriormente pasarlas en alcohol al 70% con la finalidad de preservarlas.

4.3. Fase de gabinete

Durante la fase de gabinete, se realizó el estado del arte que generalmente se llevó a cabo durante todo el período que comprendió la investigación, traslapando fase de campo con fase de laboratorio y gabinete en forma cíclica. En gabinete, se realizó la búsqueda de información bibliográfica que ayudo en primer lugar a realizar el marco de referencia y el teórico-conceptual; con el objetivo de poder articular los resultados que arrojaría la investigación. También, se llevó a cabo la determinación de la muestra y el diseño del cuestionario. Una vez obtenida la

información tanto de la fase de campo como de laboratorio se procedió a la sistematización, procesamiento y análisis de los datos obtenidos.

4.3.1. Tamaño de muestra para la aplicación de la encuesta

El tamaño de muestra se determinó considerando a los productores tejocote de los municipios de Calpan, Domingo Arenas y Huejotzingo pertenecientes a la Sierra Nevada de Puebla. Considerando una lista proporcionada por el CESAVER, donde se tiene el registro de un padrón de productores que adquieren insumos y asesoría técnica que proporciona este comité. Se utilizó la fórmula de varianza máxima con un nivel de confianza del 98% y un error estándar del 10% (Cochran, 1971).

4.3.2. Diseño del instrumento (Cuestionario)

El cuestionario se constituyó en seis apartados: 1) Datos personales productor, 2) Sistema de producción, 3) Manejo del barrenador, 4) Organización y Asistencia técnica, 5) Producción y comercialización y 6) Plantas medicinales. Para la aplicación a productores de los tres municipios de la Sierra Nevada de Puebla.

4.3.3 Sistematización y análisis de la información de muestreos de follaje, fruto y suelo en laboratorio

Se sistematizó la información, con la finalidad de realizar gráficas en Excel sobre los promedios en los adultos, larvas obtenidas del fruto y del suelo. Así como un diagrama de las diferentes etapas del ciclo biológico en campo.

4.3.4 Sistematización y análisis de la información del cuestionario

La sistematización de la información se realizó por medio de una captura de datos en Excel por cada variable a estudiar. Para el análisis de la información se utilizó

el programa estadístico SPSS versión 22.0. Realizando estadística descriptiva, frecuencias, porcentajes y una regresión logística binaria.

Con el desarrollo de las tres fases indicadas, esta investigación arrojó tres productos que se presentan a manera de artículos científico: el primero que trata del ciclo biológico del barrenador, en el segundo se aborda el análisis socioeconómico del agroecosistema y en el tercero se plantea una propuesta de manejo sustentable que complementa la estrategia que despliegan los productores.

LITERATURA CITADA

- ALATORRE R. R.; BRAVO M. H.; LEYVA V. J. L.; HUERTA D-P. A. 2016. Manejo integrado de plagas 11. Sistema de agronegocios agrícolas. Colegio de Postgraduados. SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 12p. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Manejo%20integrado%20de%20plagas.pdf> [Fecha revisión: 16 febrero 2016].
- ALBERTI M. P. 2006. Los aportes de las mujeres rurales al conocimiento de plantas medicinales en México. Análisis de género. Agricultura, Sociedad y Desarrollo. 3(2): 139-153.
- ALONSO M. A. M.; SEVILLA G. E. (S/F). El discurso ecotecnocrático de la sostenibilidad. Instituto de Sociología y Estudios Campesinos. Universidad de Córdoba. 93-119 p.
- ALTIERI M. A. 1991. ¿Por qué estudiar la agricultura tradicional? División de Control Biológico Universidad de California, Berkeley. Tomado de: Agroecología y desarrollo. Revista de CLADES. Número Especial. 14 p. Disponible en: <http://www.clades.org/r1-art2.htm> [Fecha revisión: 25 febrero 2016].
- ALTIERI M. A.; NICHOLLS C. I. 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. Ecosistemas 16(1): 3-12.

- ALTIERI M.; NICHOLLS C. I. 2000. Biodiversidad y manejo de plagas en Agroecosistemas. Capítulo 8. En: Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental. PNUMA. 167-180 p.
- ARELLANO, E. C. 1998. La estrategia de comunicación como un principio de integración/ interacción dentro de las organizaciones. Razón y palabra. Suplemento especial, Año 3. Disponible en: <http://www.razonypalabra.org.mx/antiores/supesp/estrategia.htm> [Fecha revisión: 07 febrero 2016].
- ARGUETA V.; CANO A. 1994. Atlas de las plantas de la medicina tradicional mexicana. Instituto Nacional Indigenista. México D. F. 1322-1323 p.
- ARNOLD C. M.; OSORIO F. 1998. Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas. Cinta de Moebio. 3: 1-12.
- ATLAS BOTÁNICO. 1998. El mundo de las plantas. Cultural de Ediciones, S. A. Madrid, España. 76-77 p.
- ATLAS DE ZOOLOGÍA. 1999. El mundo de los animales. En capítulo 31. Insectos. Cultural de Ediciones, S. A. Madrid, España. 83 p.
- BAHENA, J. F. 2003. Manejo agroecológico de plagas para una agricultura sostenible. En: Agricultura, ambiente y desarrollo sustentable. Tornero, C. M., López-Olguín, J. F. y Aragón G. A. (Eds.). Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. 149-182 p.
- BDMTM (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana). 2016. Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana. Tejocote. *Crataegus pubescens* (Kunth) Steudel. Rosaceae. Disponible en: <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografia.php?l=3&t=tejocote&id=7778> [Fecha revisión: 26 febrero 2016].
- BECHT G. 1974. Systems theory, the key to holism and reductionism. Bioscience. 24(10): 579-596.
- BELI R. T.; RAKESH K. S.; AVTAR K. H.; RAO M. A. 1997. Chemistry and uses of pectin-A review. Critical Reviews. Food Science and Nutrition. 37(1): 47-73.
- BERTALANFFY L. V. 2004. Teoría general de los sistemas. Fundamentos, desarrollo, aplicaciones. Fondo de cultura Económica. México. 308 p.

- BORYS M. V. 1989. Valor ecológico del tejocote (*Crataegus* spp.). Memorias del primer congreso de ecología. "La Era Ecológica". Puebla, Pue. México. 19 p.
- BORYS M. V.; LESZCZYŃSKA B. H. 1994. Tejocote (*Crataegus* spp.) Planta para solares, macetas o interiores. Revista Chapingo, Serie Horticultura. 2:95-107.
- CALDERÓN DE R. G.; REZEDOWSKY J. 2005. Flora Fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán. 1406 p.
- CARBALLO M.; GUAHARAY F. 2004. Control biológico de plagas agrícolas. Serie Técnica. Manual Técnico, Número 53. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Managua, Nicaragua. 240 p.
- CESAVEG (Comité Estatal de Sanidad Vegetal Guanajuato). 2007. Campaña de manejo fitosanitario del aguacatero 2007. Aguascalientes 12 p.
- COCHRAN W. G. 1971. Técnicas de muestreo. CECSA. México.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad). 2016. *Crataegus pubescens*. Rosaceae. 224-226 p. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/59-rosac1m.pdf [Fecha revisión: 06 marzo 2016].
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2016. Biodiversidad Mexicana. Ecosistemas. Conceptos. ¿Qué es un ecosistema? Disponible en: <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/quees.html> [Fecha revisión: 22 febrero 2016].
- CONANT J.; FADEM P. 2011. Guía comunitaria para la salud ambiental. Hesperian Health Guides. Berkeley California EE. UU. 570 p.
- CORONADO P. R.; MÁRQUEZ D. A. 1986. Introducción a la entomología: morfología y taxonomía de los insectos. Editorial Limusa. México. 282 p.
- DE ROSNAY J. 1975. Le Macroscopie. Le Seuil. Paris. 212 p.
- DOUGLAS S. M.; COWLES R. S. 2011. Plant pest handbook a guide to insects, diseases and other disorders affecting plants. Pear (*Pyrus*). Quince (*Cydonia*). The Connecticut Agricultural Experiment Station, USA.

Disponible en: <http://www.ct.gov/caes/cwp/view.asp?a=2826&q=378182&p=12&n=1> [Fecha revisión: 5 de octubre 2015].

EDWARDS J. E.; BROWN P. N.; TALENT N.; DICKINSON T. A.; SHIPLEY P. R. 2012. A review of the chemistry of the genus *Crataegus*. *Phytochemistry*.79:5-26.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2004. Normas internacionales para medidas fitosanitarias. Análisis de riesgo de plagas para plagas cuarentenarias, incluido el análisis de riesgos ambientales y organismos vivos modificados. NIMF Número 11. Roma.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2005. Género y sistemas de producción campesinos: lecciones de Nicaragua. Roma, Italia. 69 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2016. La Agricultura en el Mundo Modernización Organización Características Disponible en: http://historiaybiografias.com/agricultura_mundial/ [Fecha revisión: 25 enero 2016].

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2012. El pacto mundial contra las plagas de las plantas conmemora sus 60 años de actividades. Disponible en: <http://www.fao.org/news/story/es/item/131978/icode/> [Fecha revisión: 04 febrero 2016].

FILSON. G. C. 2004. Intensive agriculture and sustainability. A farming systems analysis. Canadian Federation for the Humanities and Social Sciences. Vancouver, Canada. 215 p.

FRANCO M. O.; AGUIRRE O. S.; MORALES R. E. J.; GONZÁLEZ H. A.; GUTIÉRREZ R. F. 2009. Caracterización morfológica y bioquímica de frutos de tejocote (*Crataegus mexicana* DC.) de Lerma y Ocoyoacac, México. *Ciencia ergo sum*. 17(1):61-66.

FREDERICK S. H. 1942. The genus *Conotrachelus dejean* (Coleoptera, Curculionidae) in the north central United States. Whit nine plates. In: Theodore B. J.; Wilbur T. F.; Van C. H. J. Illinois Biological Monographs.

Volume XIX. No. 3. Published by the University of Illinois Urbana, Illinois.
170 p.

- GARCÍA M. R.; AGUILAR S. L.; SOTO H. M.; NIETO A. R. 2013a. Flavonoids and antioxidant activity of flowers of Mexican *Crataegus* spp. *Natural Product Research*. 27(9): 834-836.
- GARCÍA M. R.; AGUILAR S. L.; SOTO H. M.; NIETO A. R.; KITE G. 2012. Total phenolic compounds, flavonoids and antioxidant activity in the flowers of *Crataegus* spp. from Mexico. *Agrociencia*. 46: 651-662.
- GARCÍA M. R.; IBARRA E. E.; NIETO A. R. 2013b. Antioxidant compounds in hawthorn fruits (*Crataegus* spp.) of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 84: 1298-1304.
- GLIESSMAN S. R. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Centro de Agronomía Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 359 p.
- GLIESSMAN S.R.; ROSADO M. F. J.; GUADARRAMA Z. C.; JEDLICKA J.; COHN A.; MENDEZ V. E.; COHEN R.; TRUJILLO L.; BACON C.; JAFFE R. 2007. Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. *Ecosistemas*. 16(1): 13-23.
- GONZÁLEZ G. E.; PADILLA R. J. S.; REYES M. L.; PERALES DE LA C. M. A.; ESQUIVEL V. F. 2002. Guayaba, su cultivo en México. Libro Técnico No. 1 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Pabellón. Aguascalientes, México. 182 p.
- GULLAN P.J.; CRANSTON P.S. 2005. The insects an outline of entomology. Blackwell Publishing. Department of Entomology, University of California, Davis, USA. 505 p.
- HART R. D. 1979. Agroecosistemas. Conceptos básicos. Centro de Agronomía Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 211 p.
- HECHT B. S. 1999. Capítulo 1 La evolución del pensamiento agroecológico. En *Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable*. Altieri, M. A. (ed.). Editorial Nordan-Comunidad. p. 15-30.

- HERNÁNDEZ X. E.; BELLO B. E.; LEVY T. S. 1995. Agricultura tradicional en México. p. 15-34. En: Hernández X. E.; Bello B. E.; Levy T. S. (eds.) La milpa en Yucatán. Un sistema de producción agrícola tradicional. Tomo 1. Colegio de Postgraduados. Montecillo. Estado de México. México. 306 p.
- HOLLAND D. 2008. Landscape Plant Focus. *Crataegus*. Horticulture week. 20-21 p.
- INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). 2010a. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. Estado de Puebla. Calpan. Disponible en: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM21puebla/municipios/21026a.html> [Fecha revisión: 30 enero 2016].
- INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). 2010b. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. Estado de Puebla. Domingo Arenas. Disponible en: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM21puebla/municipios/21060a.html> [Fecha revisión: 30 enero 2016].
- INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). 2010c. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. Estado de Puebla. Huejotzingo. Disponible en: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM21puebla/municipios/21074a.html> [Fecha revisión: 30 enero 2016].
- INAFED (Instituto para el Federalismo y Desarrollo Municipal). 2010. Puebla Región IV Angelópolis. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México, Estado de Puebla. SEGOB (Secretaría de Gobernación). Disponible en: www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM21puebla/ [Fecha revisión: 10 octubre 2015].
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009a. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Calpan, Puebla. Clave geoestadística, 21026. 1-9 p. Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/21/21026.pdf> [Fecha revisión: 06 marzo 2016].
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009b. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos

- Domingo Arenas, Puebla. Clave geoestadística, 21060. 1-8 p. Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/21/21060.pdf> [Fecha revisión: 06 marzo 2016].
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009c. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Huejotzingo, Puebla. Clave geoestadística, 21074. 1-9 p. Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/21/21074.pdf> [Fecha revisión: 06 marzo 2016].
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. Cuéntame. Información por entidad. Número de habitantes. Estados Unidos Mexicanos y estado de Puebla. Disponible en: <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/pue/poblacion/default.aspx?tema=me&e=21> [Fecha revisión: 30 enero 2016].
- KALKMAN C. 2004. Rosaceae. p 343-386. En: Kubitzki K. (ed.). The Families and Genera of Vascular Plants. Flowering plants. Dicotyledons. Volume 6. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 489 p.
- LATORRE D.; LATORRE F. A. 1977. Plants used by the Mexican Kickapoo Indians. Economic Botany. 31: 340-357.
- MAGGI M. E. 2004. Insecticidas naturales. Laboratorio de química fina y Productos naturales. Agencia Córdoba Ciencia-Unidad CEPROCOR. 1-9 p.
- MAIER C. T. 1980. Quince curculio, *Conotrachelus crataegi* Walsh (Coleoptera: Curculionidae), developing in apple, a new host, in southern New England. Proceedings of the Entomological Society of Washington. 82:59-62. Disponible en: <http://biostor.org/reference/75891> [Fecha revisión: 10 octubre 2015].
- MÁRQUEZ L. J. 2005. Técnicas de colecta y preservación de insectos. Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa. 37: 385-408.
- MARTÍNEZ A. B.; ROMERO O. A. G.; NIETO A. R.; BARRIENTOS P. A.; NIETO A. D.; BORYS M. W. 2000. Caracterización morfológica y química de frutos de tejocote (*Crataegus* spp.). Proceedings of the ISTH. 44: 30-35.

- MATUS C. 1987. Política, planeación y gobierno. El concepto de estrategia. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES). 243-248 p.
- MENDOZA R. R.; PARRA I. F.; DE LOS RÍOS C. I. 2010. La actividad frutícola en tres municipios de la Sierra Nevada en Puebla: Características, organizaciones y estrategia de valorización para su desarrollo. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. 7(3): 229-245.
- MUÑIZ M. M. 2008. Asincronía hospedero-plaga y búsqueda de resistencia a *Rhagoletis pomonella* en *Crataegus* spp.; fuentes de atracción y preferencia de *Conotrachelus crataegi* para oviposición en tejocote. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo, Texcoco. México. 69 p.
- NAS (National Academy of Sciences). 1978. Control de plagas de plantas y animales. Manejo y control de plagas de insectos. Volumen 3. Editorial Limusa. México. 522 p.
- NICHOLLS C. 2011. Bases agroecológicas para diseñar e implementar una estrategia de manejo de hábitat para control biológico de plagas. Department of Environmental Science, Policy and Management, University of California, Berkeley. 37-48 p.
- NICHOLLS E. C. I. 2008. Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. Ciencia y Tecnología. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 278 p.
- NIETO A. R. 2007. Colección, conservación y caracterización del tejocote (*Crataegus* spp.). (p 27-107). En: Nieto-A., R. (ed). *Frutales Nativos, un Recurso Fitogenético de México*. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Méx. México. 107 p.
- NIETO A. R.; BORYS M. W. 1991. El tejocote (*Crataegus* spp.) en México. p. 309-324. En: Ortega P. R.; Palomillo H. G.; Castillo G. F.; González H. V. A.; Livera M. M. (eds.). *Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México*. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A. C. (SOMEFI). Chapingo, México. 449 p.
- NIETO A. R.; PÉREZ O. S. A.; NÚÑEZ C. C. A.; MARTÍNEZ S. J.; GONZÁLEZ A. F. 2009. Seed and endocarp traits as markers of the biodiversity of regional

- sources of germplasm of tejocote (*Crataegus* spp.) from Central and Southern Mexico. *Scientia Horticulturae*. 121:166-170.
- NÚÑEZ C. C. A. 2009. The Tejocote (*Crataegus* Species): a Mexican Plant Genetic Resource that Is Wasted. A Review. *Acta Horticulturae*. 806: 339-346.
- NÚÑEZ C. C. A.; HERNÁNDEZ M. M. A. 2011. La problemática en la taxonomía de los recursos genéticos de tejocote (*Crataegus* spp.) en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2(1): 141-153.
- NÚÑEZ C. C. A.; NIETO A. R.; BARRIENTOS P. A. F. 2005. Índices de selección para aumentar el tamaño de fruto en tejocote (*Crataegus* spp.). *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture*. 48:146-148.
- NÚÑEZ C. C. A.; NIETO A. R.; BARRIENTOS P. A. F.; SAHAGÚN C. J.; GONZÁLEZ A. F. 2008. Variability of three regional sources of germplasm of Tejocote (*Crataegus* spp.) from central and southern Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 55:1159-1165.
- NÚÑEZ C. C. A.; SAHAGÚN C. J.; GONZÁLEZ A. F.; BARRIENTOS P. A. F.; SEGURA S.; NIETO A. R. 2009. Identification of morphometric traits for screening of tejocote (*Crataegus* spp.) germplasm for better yield potential. *Fruits*. 64(1): 35-44.
- NÚÑEZ C.C. A.; GARCÍA M. R.; NIETO A. R.; SOTO H. M. 2007. Caracterización de genotipos de *Crataegus* en relación al contenido de compuestos fenólicos. *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture*. 51:124-127.
- NÚÑEZ T. R.; REGALADO L. J.; CASIANO V. M. A. 2012. Manual del cultivo de tejocote. (*Crataegus mexicana*) en Puebla. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 51 p.
- OLIVA, J. Y BARBA, A. 2002. Nuevas tendencias en el control de plagas y enfermedades (I). *Productos Fitosanitarios. Tecnología del Vino*. 41-45 p.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2016. Banda de color de las etiquetas según la categoría toxicológica. Disponible en: <http://www.carremaque.com.ar/clasitoxi.htm> [Fecha revisión: 16 febrero 2016].

- OSORIO S. G. 2008. Agricultura sustentable. Una alternativa de alto rendimiento. Ciencia UANL. Universidad Autónoma de Nuevo León Monterrey, México. 11(1): 77-81.
- OSSORIO A. 2003. Planeamiento estratégico. Dirección de Planeamiento y Reingeniería Organizacional Oficina Nacional de Innovación de Gestión e Instituto Nacional de la Administración Pública Subsecretaría de la Gestión Pública. Instituto Nacional de la Administración Pública (INAP). 153 p.
- PEDROZA I. R.; AGUILAR E. E.; VERNON C. E. J. 1995. Extraction of pectin from tejocote (*Crataegus mexicana*) by acid hydrolysis and by ion exchange resins. Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 35(2): 151-160.
- PÉREZ O. C. P.; MENDOZA A. M.; CEJA R. J.; PACHECO L. 2008. Anatomía de la madera de cinco especies de la familia Rosaceae. Madera y Bosques. 14(1):81-105.
- PHIPPS J. B. 1997. Monograph of northern Mexican *Crataegus* (Rosaceae, Subfam. Maloideae). Sida Botanical Miscellany 15. Botanical Research. Institute of Texas. Forth Worth. Texas. 94 p.
- QUINN J. B. 1991. El concepto de Estrategia. Capítulo 1. (p. 3-22). En: Mintzberg H.; Quinn J. B. (eds.). El proceso estratégico. Conceptos, Contextos y caos. Prentice Hall Hispanoamericana, S. A. México. 57 p.
- RAE (Real Academia Española). 2016. Diccionario de la Lengua Española. Edición del tricentenario. Desarrollo y Desarrollar. Disponible en: <http://dle.rae.es/?id=CTzcOCM> [Fecha revisión: 25 febrero 2016].
- RESH V. H.; CARDÉ R. T. 2003. Encyclopedia of insects. Academic Press. An imprint of Elsevier Science. San Diego, California. USA. 1266 p.
- ROBERT D. HART. 1979. Agroecosistemas. Conceptos básicos. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE, Turrialba, Costa Rica. 239 pp.
- ROGG H. W. 2000. Manual de manejo integrado y control biológico de plagas y enfermedades. Una guía teórica. Proexant. Quito, Ecuador. 93 p.

- ROMERO C. T. 2004. Los agrónomos mexicanos y el control de plagas agrícolas a fines del siglo XIX y principios del XX. *Ciencia Ergo Sum*. 10(3): 333-343.
- RUIZ M. J. 1994. La agricultura sostenible como alternativa a la agricultura convencional: Conceptos y principales métodos y sistemas. ERIA. Universidad de Córdoba, España. 161-173 p.
- SCHRÖDER P. 2004. Estrategias políticas. Fundación Friedrich Naumann; Organización de los Estados Americanos (OEA). Offset Caya, México, D.F. 320 p.
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 1997. Norma oficial mexicana NOM-075-FITO-1997, por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarias para la movilización de frutos hospederos de moscas de la fruta. Disponible en: <http://www.senasica.gob.mx/?doc=699> [Fecha revisión: 16 febrero 2016].
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2014a. Producción Agrícola. Estado de Puebla. Ciclo: Cíclicos y perennes. Modalidad: Riego + Temporal. Tejocote. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> [Fecha revisión: 09 noviembre 2015].
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2014b. Agricultura, monografías, detalle del cultivo. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx> [Fecha revisión: 21 febrero 2016].
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2014c. Producción Agrícola. Estado de Puebla. Ciclo: Cíclicos y perennes. Modalidad: Riego + Temporal. Tejocote. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/por-estado> [Fecha revisión: 09 noviembre 2015].
- SIMEÓN R. 1997. Diccionario de la Lengua Náhuatl o Mexicana. Siglo Veintiuno América Nuestra. 783 p.
- SIRE, CONAFOR, CONABIO, (Sistema de Información para la Reforestación, Comisión Nacional Forestal, Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad). 2016. Paquetes tecnológicos. *Crataegus mexicana* Moc & Sessé. 8 p. Disponible en: <http://www.conafor.gob.mx:8080/>

- documentos/docs/13/908Crataegus%20mexicana.pdf [Fecha revisión: 10 febrero 2016].
- SMITH A. 2011. Tejocote (*Crataegus mexicana*). Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/54302194/tejocote#scribd> [Fecha revisión: 29 enero 2016].
- SNIF, CONAFOR, SAGARPA (Sistema Nacional de Información Forestal, Comisión Nacional Forestal, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). *Crataegus pubescens*. 6 p. Disponible en: <http://www.cnf.gob.mx:8090/snif/portal/usos/fichas-snif> [Fecha revisión: 10 febrero 2016].
- SOTO G.; HOPKINS R.; ANDERSEN M.; LIDTH D-J. M. V.; CUEVAS O. 2003. Memoria del Taller Agricultura Orgánica: una herramienta para el desarrollo rural sostenible y la reducción de la pobreza. Turrialba, Costa Rica. 111 p.
- SPEEDING C. R. W. 1979. A Systems Approach to Agriculture. In: An Introduction to Agricultural Systems. Applied Science Publishers. England. 15-32 p.
- STEYSKAL G. C.; MURPHY W. L.; AND HOOVER E. M. 1986. Insects and mites: Techniques for collection and preservation. United States Department of Agriculture. Miscellaneous Publication Number 1443. 103 p.
- STRANGE T.; BAYLEY A. 2012. Desarrollo sostenible: Integrar la economía, la sociedad y el medio ambiente, Esenciales OCDE, OECD Publishing-Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264175617-es> [Fecha revisión: 25 febrero 2016].
- TAHIROVIĆ A.; ČOPRA J. A.; NEDŽAD B.; VIDIĆ D.; KLEPO L.; DELIC D. 2012. Determination of vitamin C in some Bosnian *Crataegus* L. species by spectrophotometric method. Works of the Faculty of Forestry University of Sarajevo 1: 43-55.
- TAMAYO, Z. 1978. Enciclopedia de México. Tomo 12. Enciclopedia de México, S. A. México. 34-35 p.
- TAMEZ, G. P., GALÁN. W. L. J., MEDRANO. R. H., GARCÍA. G. C., RODRÍGUEZ. P. C, GÓMEZ, F. R., Y TAMEZ, G. R. 2001. Bioinsecticidas: su empleo,

- producción y comercialización en México. Universidad Autónoma de Nuevo León Monterrey, México. Ciencia UANL. 4 (2): 143-152.
- UMU (Universidad de Murcia). 2016. Unidad de cultura científica y promoción de la investigación. Reportajes. Estudios desarrollados en la UMU describen nuevos hallazgos en zoología. Disponible en: <http://www.um.es/prinum/index.php?opc=reportajes&ver=21> [Fecha revisión: 09 febrero 2016].
- VALCÁRCEL M. 2006. Génesis y evolución del concepto y enfoques sobre el desarrollo. Documento de investigación. Departamento de Ciencias Sociales. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú. 40 p.
- WCED (World Commission on Environment and Development). 1987. Our Common Future. Brundtland Report. United Nations. 300 p.
- YANG B.; LIU P. 2012. Composition and health effects of phenolic compounds in hawthorn (*Crataegus* spp.) of different origins. Journal of the Science of Food and Agriculture. 92: 1578-1590.

CAPÍTULO V. RESULTADOS

5.1. Ciclo biológico de *Conotrachelus crataegi* (Coleoptera: Curculionidae) en huertos de tejocote (*Crataegus* spp.) Puebla, México

MARTHA LILIA ROSAS-ALFARO, ARTURO HUERTA-DE LA PEÑA, JUAN MORALES-JIMÉNEZ, ANDRÉS PÉREZ-MAGAÑA, LUIS RICARDO HERNÁNDEZ, JESÚS FRANCISCO LÓPEZ-OLGUÍN

Resumen

Conotrachelus crataegi, barrenador del fruto de tejocote es una plaga importante que se presenta en los huertos de tejocote en el estado de Puebla, México. Las hembras ovipositan en frutos pequeños en desarrollo. Posteriormente, la larva barrena hasta llegar a la semilla donde se alimenta destruyéndola por completo. En la región productora de tejocote en Puebla, no se identificaron trabajos de investigación sobre el ciclo biológico de este insecto en campo, por lo que se estudió la presencia y duración de las diferentes etapas de su ciclo biológico, principalmente el período de emergencia de adultos. Se realizaron muestreos al follaje, fruto y suelo en tres localidades de la Sierra Nevada de Puebla, del 30 de abril de 2014 al 27 de mayo de 2015. *C. crataegi* presentó alto traslape de estadios; el huevo se observó desde la tercera semana de abril, hasta la segunda de julio, con una duración de 3 a 5 días. La presencia de larvas se apreció durante todo el año. La pupa se percibió en marzo y abril con una duración en promedio de 10 a 15 días. Los adultos se presentaron desde abril y hasta septiembre; las mayores densidades poblacionales se notaron el 28 de mayo y el 11 de junio de 2014. Los resultados de esta investigación son importantes y de aplicación práctica en campo, debido a que pueden ser incorporados en el diseño e implementación de un programa integrado para el manejo sustentable de *C. crataegi*.

Palabras clave: Fluctuación poblacional. Manejo sustentable. Picudo del membrillo. Plaga. Rosaceae.

Introducción

Crataegus mexicana Moc & Sessé, 1825 (Rosales: Rosaceae) es un árbol originario de México; su nombre común “tejocote” deriva del náhuatl: *telt* (piedra), *xocotl* (fruto ácido) “fruta ácida y dura” (Simeón, 1997; CONABIO, 2015) con amplia distribución desde Centroamérica hasta Ecuador (Núñez *et al.*, 2008). Es un árbol espinoso de 5 a 10 m de altura (Fig. 5), las hojas son anchas en la parte media y en los extremos angostos, de color verde oscuro en el haz y verde pálido en el envés, con borde dentado. Las flores son en forma de umbelas y pueden ser de color blanco o amarillo (Pérez *et al.*, 2008).



Figura 5. Árbol de tejocote (*Crataegus* spp.) en floración, en la región de la Sierra Nevada de Puebla

Esta especie frutal es importante en México desde el punto de vista económico, social, cultural y ecológico, sobre todo en la parte central del país donde se ubican

las áreas tradicionalmente productoras (Borys, 1989; Resina, 2013). Se usa como planta de ornato (Borys y Leszczyńska, 1994; Núñez *et al.*, 2012), mientras que con su madera se elaboran diversas artesanías (Pérez *et al.*, 2008). Por otra parte, el fruto es utilizado para alimentar ganado en forma de forraje (Hanelt, 2001) o puede ser consumido por los seres humanos como fruta de temporada, en conservas, ates, entre otros. El cocimiento de los frutos se recomienda para la tos, la raíz y la corteza como astringente y diurético (Latorre y Latorre, 1977; Núñez, 2009; Edwards *et al.*, 2012). Es una fruta invernal utilizada en la elaboración para una bebida tradicional conocida como “ponche” en México (Fig. 6). La pectina del tejocote se utiliza como gelificante de jaleas y mermeladas (Pedroza *et al.*, 1995; Beli *et al.*, 1997).



Figura 6. Fruto de tejocote en venta durante la feria regional en San Andrés Calpan, Puebla

El género *Crataegus* ha sido estudiado fitoquímicamente, encontrándose importantes contenidos de fenoles y flavonoides (Núñez *et al.*, 2007; García *et al.*,

2012; Yang y Liu, 2012; García *et al.*, 2013a; García *et al.*, 2013b). Nieto (2007) determinó que el fruto contiene zinc, hierro, cobre, sodio, calcio, magnesio, fósforo y potasio, así como vitamina C, tiamina, riboflavina y niacina (Tahirović *et al.*, 2012). Además, se han elaborado trabajos del género *Crataegus* para hacer mejoramiento genético (Núñez *et al.*, 2005; Nieto *et al.*, 2009; Núñez *et al.*, 2009).

Conotrachelus crataegi Walsh, 1863 (Coleoptera: Curculionidae), es una plaga clave en huertos de tejocote en la Sierra Nevada de Puebla, el huevo es de color amarillo, en forma cilíndrica y alargada, con menos de un milímetro de largo, la larva es curculioniforme, el color es blanquecino-rosado al ser neonatas y va cambiando hasta volverse amarillo-crema cuando la larva se encuentra en su último instar. Presenta cabeza totalmente esclerotizada, de color café, su aparato bucal es masticador. La pupa es exarata de color blanco al formarse; posteriormente toma un color amarillo, la pupación ocurre en una celda de tierra en un período de 10 a 15 días aproximadamente, con medidas promedio de 7x4 mm de largo y ancho respectivamente. El adulto es de color café oscuro con una longitud de 5-6 mm. Los machos presentan vellos blancos dando aspecto de una “V” invertida en la parte dorsal del tórax; las hembras tienen una coloración café intenso (Frederick, 1942; Douglas y Cowles, 2011; Huerta *et al.*, 2015). El adulto daña el fruto al alimentarse de éste; sin embargo, el daño principal lo hace la larva al alimentarse de las semillas del fruto (Muñiz *et al.*, 2012). En Estados Unidos Douglas y Cowles (2011), lo reportan en *Pyrus communis* L. 1753 (Rosales: Rosaceae) y *Cydonia oblonga* Mil, 1768 (Rosales: Rosaceae); también, Maier (1980) lo reporta en el sur de Nueva Inglaterra en *Malus domestica* Borkh, 1803 (Rosales: Rosaceae).

A nivel nacional se producen 4,398 toneladas de tejocote, en el estado de Puebla la superficie de tejocote es de 854 hectáreas, con una producción estimada de 4,159 toneladas y un valor de la misma de \$ 5,570,210.00. El 60% de la producción se destina para la elaboración de jugos y néctares, el resto se consume en fresco (SIAP, 2014). La Sierra Nevada de Puebla se ubicada en la

parte centro oeste del estado, en la zona fría glacial, con un clima templado subhúmedo con lluvias en verano y temperaturas promedio anuales de 15 °C, precipitaciones promedio de 900 mm, y altitud que va de los 2,200 a 2,400 msnm (INAFED, 2010). La agricultura que se practica es de temporal, minifundista, con sistemas de producción tradicionales basados en maíz principalmente (Osorio *et al.*, 2015), destacando la producción de especies frutales como el nogal, pera, manzana, ciruela, durazno y tejocote que se intercalan con maíz y frijol principalmente (Mendoza *et al.*, 2010). En esta zona se localiza la mayor superficie de tejocote y en los últimos años la alta incidencia de *C. crataegi* ha ocasionado pérdidas económicas en algunos huertos. Los frutos en desarrollo atacados se caen y los que logran desarrollarse no tienen calidad comercial. Debido a este problema fitosanitario, los agricultores no pueden movilizar la fruta a otros estados del país y mucho menos exportarlo a los Estados Unidos (Karp, 2010). Por lo anterior esta investigación tuvo como objetivo estudiar el ciclo biológico de *C. crataegi* en campo, especialmente, el período de emergencia de adultos y la duración de sus diferentes etapas de desarrollo, con el propósito de generar conocimiento de aplicación en campo, para proponer una estrategia de manejo sustentable de este insecto.

Materiales y métodos

Zona de estudio

Los muestreos se realizaron en tres localidades de la Sierra Nevada de Puebla, la Georreferenciación de las localidades es la siguiente: San Andrés Calpan (19°06'36" y 19°41'12" de latitud norte y los meridianos 98°23'54" y 98°32'24" de longitud occidental), Domingo Arenas (19°06'36" y 19°08'48" de latitud norte y los meridianos 98°26'24" y 98°28'24" de longitud occidental) y Huejotzingo (19°13'32" y 19°06'36" de latitud norte y los meridianos 98°20'18" y 98°39'00" de longitud occidental) (INEGI, 2009). En cada comunidad se consideró un huerto para hacer las colectas de los diferentes estados del barrenador. Estos tienen características

similares, con árboles de tejocote en plena producción, con una edad promedio de 25 años; son de temporal, con frutales intercalados como pera, chabacano, ciruela, capulín y durazno (Fig. 7).



Figura 7. Huertos tradicionales en la Sierra Nevada de Puebla

Ciclo biológico de C. crataegi

Se realizaron muestreos quincenales del 30 de abril de 2014 al 27 de mayo de 2015 (Anexo 1), para colectar los diferentes estados de desarrollo del barrenador; se realizaron 11 muestreos en el follaje del árbol para colectar adultos del 30 de abril al 17 de septiembre de 2014. Adicionalmente se realizaron 12 muestreos de fruto, del 09 de julio al 10 de diciembre del mismo año, en los primeros nueve muestreos se colectaron frutos en ramas y en los últimos tres los frutos se colectaron del suelo. Los muestreos de suelo se iniciaron el 12 de noviembre de 2014 y continuaron hasta el 29 de abril de 2015, con la finalidad de observar larvas, pupas y pre-adultos.

Fluctuación poblacional de adultos de C. crataegi

Se aplicó la metodología empleada por González *et al.* (2002) y el CESAVEG (2007). Se realizaron las colectas en las mismas localidades donde se estudió el ciclo biológico. Los muestreos de follaje iniciaron el 30 de abril y concluyeron el 17 de septiembre de 2014, con ayuda de una manta de color blanco de 1x1.5 m, en cada árbol se sacudieron vigorosamente tres ramas en diferentes orientaciones del árbol, de modo que se pudiera cubrir la mayor área de follaje, se muestrearon 5 árboles por huerto (Fig. 8). Se registró el periodo de emergencia de adultos y su fluctuación poblacional, se registró el número promedio de adultos por muestreo y por huerto. El material biológico colectado se confinó en alcohol al 70% en frascos transparentes de plástico de una capacidad de 250 ml; posteriormente se trasladaron al Laboratorio de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados Campus Puebla, donde se montaron en alfileres entomológicos y también se conservaron para su identificación.



Figura 8. Muestreo de adultos de *Conotrachelus crataegi* en follaje

Muestreo de huevos y larvas en fruto

El periodo de colecta de frutos se efectuó del 09 de julio al 10 de diciembre de 2014, en intervalos de 15 días y un segundo período de siete semanas que comprendió del 15 de abril al 27 de mayo de 2015. Se colectaron 10 frutos por árbol al azar, se colocaron en bolsas medianas de plástico con cierre hermético marca Ziploc® y se trasladaron al laboratorio para ser revisados en el microscopio estereoscópico marca Motic® SMZ-168. 1:6.7 Zoom Ratio Stereomicroscope, con ayuda de un bisturí con mango del número cuatro y hoja marca Hergom del número 11 para observar huevos y larvas dentro del fruto. Se determinó el número promedio de huevos y larvas en los frutos por muestreo en cada huerto.

Muestreos de suelo para colecta de larvas, pupas y pre-adultos

Se realizaron muestreos quincenales del 12 de noviembre de 2014 al 29 de abril de 2015. En el muestreo de suelo la variable a evaluar fue la cantidad de larvas, pupas y pre-adultos colectados en los diferentes huertos. Con ayuda de una pala se realizaron tres cuadrados de 50x50x20 cm de profundidad alrededor del área de goteo del árbol (Fig. 9).



Figura 9. Muestreos de suelo: a) larvas, b) pupas y c) pre-adultos

Posteriormente, la tierra se filtró por un tamiz metálico con cuadros de 5 mm de lado. Los ejemplares se colectaron en frascos de 250 ml de plástico y posteriormente se llevaron al laboratorio para su tratamiento que consistió en lavarlos y hervirlos por tres minutos, para luego colocarlos en alcohol al 70% con el fin de preservar el material biológico (Steyskal *et al.*, 1986; Márquez, 2005). Se registró el número promedio de larvas, pupas y pre-adultos colectados por huerto.

Resultados y discusión

Ciclo biológico de C. crataegi

C. crataegi presentó un alto traslape de etapas de desarrollo, debido a que se observaron diferentes estados del ciclo biológico en las mismas fechas de muestreo, además, de que éstos estuvieron claramente asociados con la fenología del tejocote. El adulto se alimentó del fruto cuando este inició su desarrollo, las hembras ovipositaron un solo huevo por orificio y un máximo de tres huevos por fruto. La puesta de huevos inició desde la tercera semana de abril y continuó hasta la segunda semana de julio (Fig. 10), los espacios en blanco indican la presencia de huevos por extrapolación de observaciones del siguiente año. Las larvas se observaron en los frutos desde la segunda semana de julio y hasta la primera semana de noviembre, posteriormente se observó un período de traslape con larvas en suelo durante la segunda semana de noviembre y hasta la segunda semana de diciembre. Los espacios en blanco en este caso también representan la presencia de larvas en este período por extrapolación de datos observados en el siguiente ciclo, por lo que las larvas se pudieron encontrar durante todo el año, principalmente en el suelo. Los adultos en suelo se presentaron los primeros 15 días de abril y posteriormente se observó un período de traslape de pre-adultos en suelo y adultos en follaje en la segunda y tercera semana de abril; los adultos en follaje se presentaron a partir de la primera semana de mayo, hasta la segunda de septiembre.

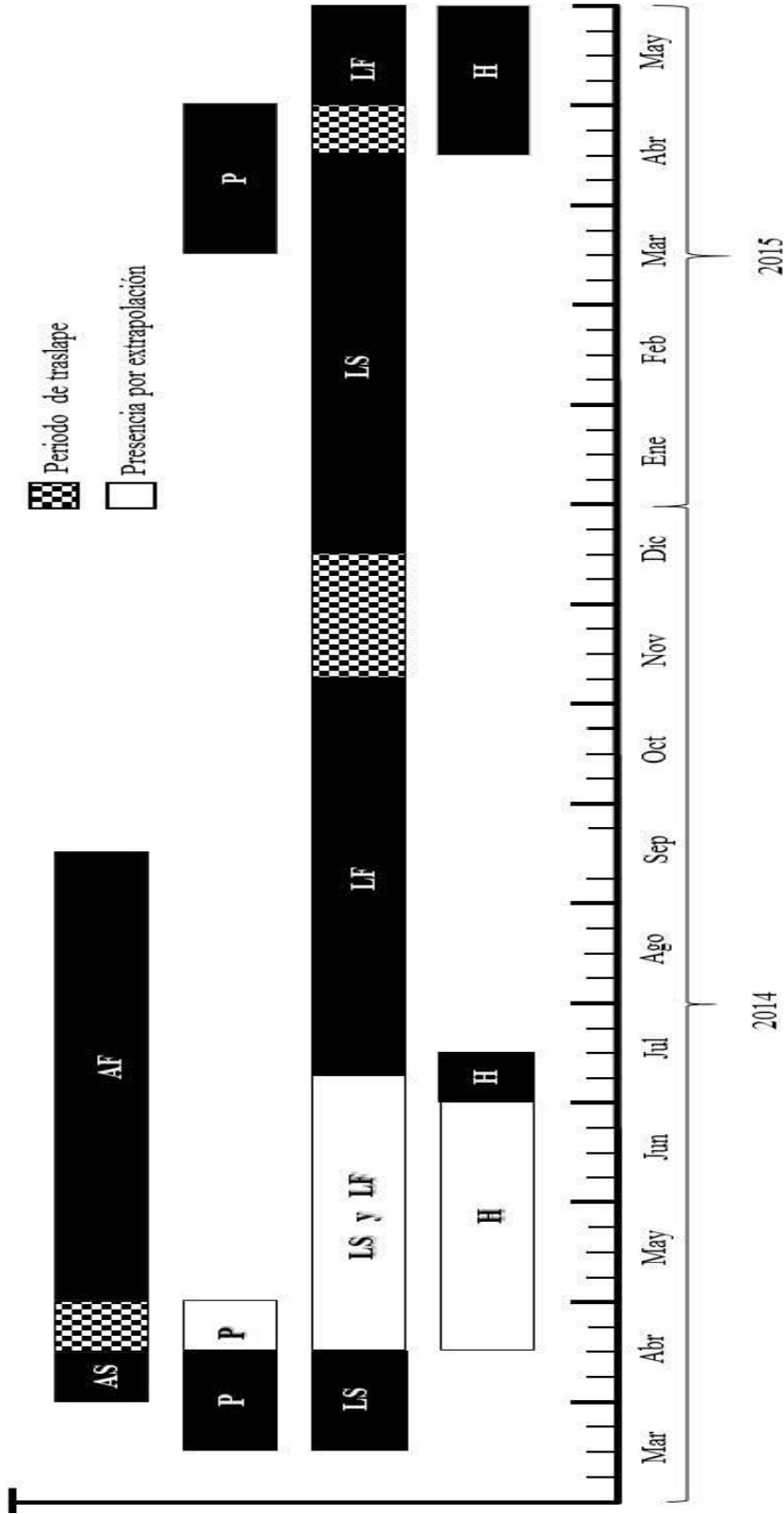


Figura 10. Ciclo biológico de *Conotrachelus crataegi* en huertos de tejocote en Puebla, México en el periodo 2014 y 2015

*H: Huevo, LS: Larva en suelo, LF: Larva en follaje, P: Pupa, AS: Adulto en suelo, AF: Adulto en follaje

Las pupas en suelo se observaron desde la segunda semana de marzo hasta la segunda de abril y posteriormente se presentó un período, obtenido por extrapolación, de la tercera y cuarta semana de abril, posteriormente en el siguiente año, se observaron pupas en la tercera semana de marzo hasta la última semana de abril. Varias especies de insectos barrenadores presentan ciclos prolongados de un año, como es el caso del Curculionidae *Conotrachelus dubai* (O'Brien, 1995) (Coleoptera: Curculionidae) plaga importante de los frutos del arbusto conocido como camu camu (*Myrciaria dubia* O. Berg, 1856) en Perú, que se encuentra presente todo el año en estado adulto (Pérez y Iannacone, 2008).

Emergencia y fluctuación poblacional de adultos

Durante el periodo de muestreos en follaje se obtuvieron en total 237 adultos de *C. crataegi*, de los cuales el 70.4% fueron machos y 29.6% hembras. La emergencia de adultos inició desde el 30 de abril y continuó hasta el 4 de septiembre de 2014; en el huerto de San Andrés Calpan las poblaciones fueron muy bajas, debido a que se encontraron solo tres adultos el 14 de mayo y uno el 09 de julio, esto quizá podría explicarse debido a que el productor de este huerto ha llevado un manejo constante del huerto, realizando podas y abonado de los árboles, así como otras prácticas agrícolas de limpieza y remoción de suelo. El mayor número promedio de adultos se registró en el huerto de Domingo Arenas, el 28 de mayo con promedio de 12.6 adultos, seguido del 11 de junio con 13,4 adultos en promedio. En el huerto de Huejotzingo el mayor número promedio de adultos fue de 1,2 permaneciendo constante durante casi todo el período de muestreo (Fig. 11). Las hembras prefirieron ovipositar en frutos verdes de tamaño mediano y grande, como lo reportado por Muñiz *et al.* (2012). Aunque en esta especie no se han realizado trabajos en campo en la región, se tiene como referencia barrenadores de otras especies frutales como el barrenador de la semilla del aguacate *Conotrachelus perseae* Barber, 1919 (Coleoptera: Curculionidae), el cual presenta tres generaciones sobrepuestas en el año, también se ha observado una marcada

sincronización entre el período de oviposición de las hembras con la madurez de los frutos (Coria, 1999). El período de emergencia de adultos es muy importante, debido a que en esta etapa el barrenador está mayormente expuesto a las aplicaciones de insecticidas y podría ser controlado con mayores probabilidades de éxito o por diferentes métodos.

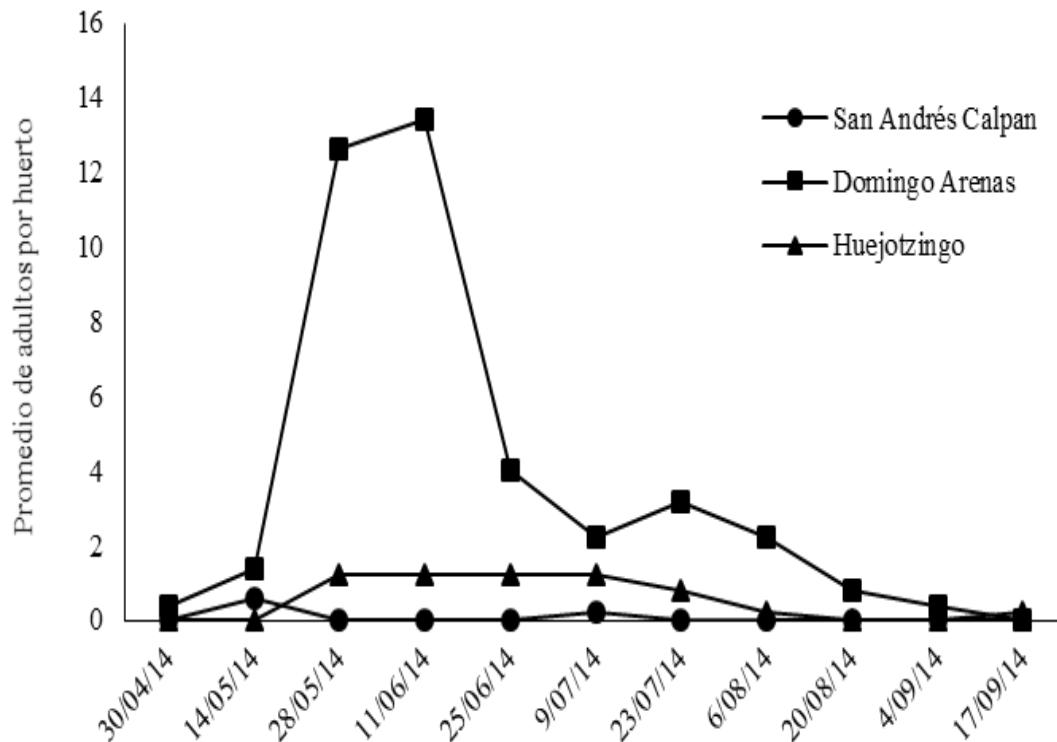


Figura 11. Fluctuación poblacional de adultos de *Conotrachelus crataegi* en huertos de tejocote (*Crataegus* spp.) en la Sierra Nevada de Puebla

Huevos y larvas en frutos

Los adultos se alimentaron de la parte superior del fruto, observándose pequeños puntos de color café oscuro de forma circular de menos de un milímetro de diámetro, relativamente fácil de identificar en campo. Después de unos días de que la hembra se alimenta, ésta inicia la oviposición; en esta etapa no es fácil distinguir el sitio donde se colocó el huevo y solo puede notarse una pequeña

mancha circular de forma irregular. Si se inspecciona este sitio a detalle, con la ayuda de un microscopio estereoscópico, se observan pequeñas cavidades superficiales de color café, debajo de las cuales se encuentra el huevo.

Huevos

En campo fue difícil detectar huevos en fruto, no se pudieron observar de manera sistemática en el año 2014 a pesar de que se realizaron 12 muestreos del 9 de julio al 10 de diciembre, esto ocurrió probablemente debido a que los muestreos se realizaron cada 15 días y el período de huevo fue de tres a cinco días para eclosionar, este período de emergencia se observó en laboratorio y coincide con lo reportado por Bailez *et al.* (2003) donde reportan que *C. psidii* tuvo un período de incubación de huevo de cuatro días, al igual que los huevos del gorgojo del níspero (*Conotrachelus* sp.) (Coleoptera: Curculionidae), que presenta un período de cuatro a seis días (Rodríguez y Cásares, 2003). También, el picudo del camu camu (*C. dubiae*), tiene un periodo de incubación de huevos de cuatro a siete días (Pérez y Iannacone, 2008). Sin embargo, este período de incubación observado en el barrenador del tejocote, no coincide con lo reportado por Douglas y Cowles (2011), quienes observaron que los huevos de *C. crataegi* tuvieron un período de incubación de siete a diez días. En nuestro segundo período de colecta, que abarcó siete semanas, se revisaron en total 1,050 frutos, colectando en total 20 huevos. En cada muestreo se encontraron entre dos y tres huevos con un promedio de 2.8 por muestreo. La hembra de *C. perseae* (Coria, 1999) tiene un comportamiento similar de oviposición al de *C. crataegi*, debido a que la hembra oviposita huevos en diferentes tiempos y el fruto se ve infestado por una o máximo tres larvas, aunque de manera individualizada dentro de un mismo fruto.

Larvas en fruto

El número de larvas promedio por fruto fue muy alto en el huerto de Domingo Arenas (Fig. 12), presentándose los niveles más altos el 9 de julio con 12.4 larvas,

con fluctuaciones hasta el 6 de agosto para luego comenzar una progresiva disminución, hasta llegar a un promedio de 0.2 larvas el 29 de octubre. En el huerto de San Andrés Calpan no se encontraron larvas que estuvieran dañando los frutos y en el huerto de Huejotzingo se observaron bajas densidades de larvas en fruto, 1.4 larvas en promedio en la mayoría de las fechas de muestreo, con un valor ligeramente mayor de 2.6 larvas colectadas el 17 de septiembre.

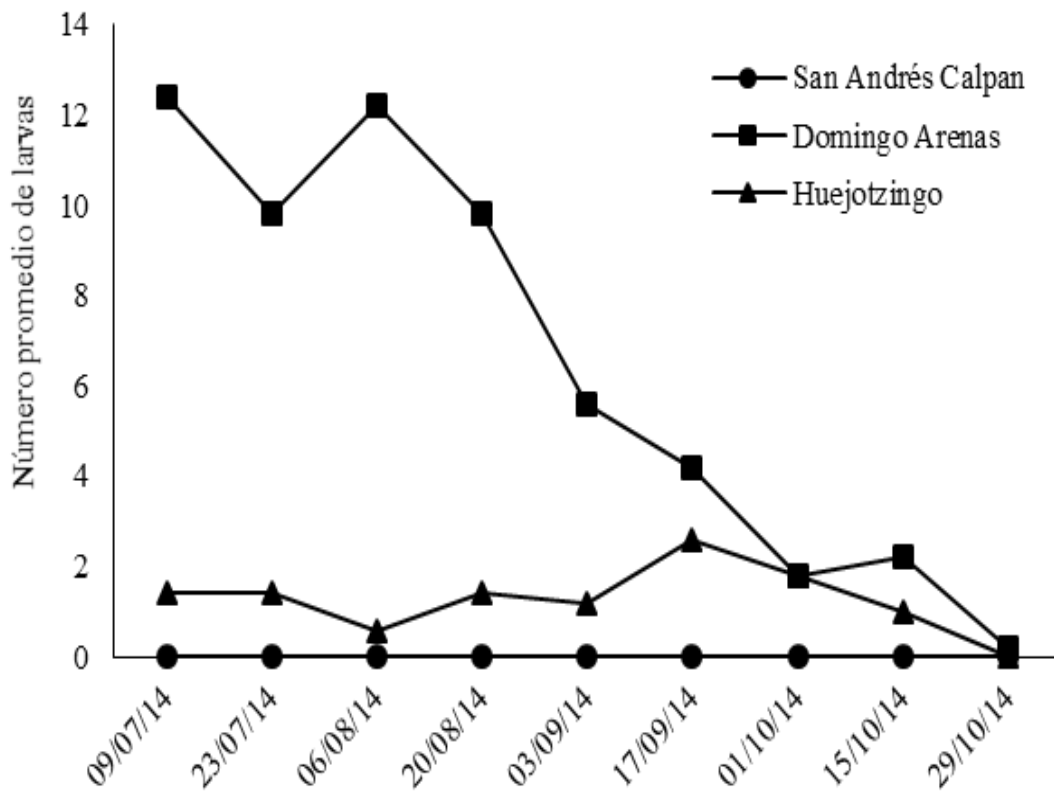


Figura 12. Número de larvas de *Conotrachelus crataegi* en fruto de tejocote por huerto en tres localidades de la Sierra Nevada de Puebla

De los frutos colectados del árbol se realizaron nueve muestreos, pero aún en el suelo había presencia de algunos frutos, por lo tanto, se realizaron tres muestreos adicionales de frutos los días 12 y 26 de noviembre y 10 de diciembre. Revisando 450 frutos en total donde se encontraron únicamente 15 larvas en 14 frutos en los muestreos del 12 y 26 de noviembre. En el último muestreo del 10 de diciembre no

hubo larvas en los frutos, aunque sí hubo daño debido a que se observaron las galerías por *C. crataegi* en el fruto. Por lo que suponemos que en esta fecha las larvas se encuentran enterradas en el suelo para pasar el período invernal en suelo. Considerando el total de los frutos revisados en todos los muestreos tanto en el árbol como en el suelo, se obtuvo un daño de 77% en el huerto de Domingo Arenas y 30% en Huejotzingo, mientras que en el huerto de San Andrés Calpan no se observaron daños de larvas.

Larvas en suelo

En los muestreos de suelo se colectaron un total de 3,566 larvas; en el huerto de Domingo Arenas se presentaron los niveles más altos de larvas en suelo (Fig. 13), el 12 de noviembre de 2014 se empezaron a observar larvas en suelo, teniendo el mayor promedio con un valor de 108.2 el 21 de enero de 2015, a partir del 4 de febrero de 2015 empezaron a tener una disminución significativa de tal modo que el 29 de abril de 2015 ya no se encontraron larvas en suelo. La baja cantidad de larvas encontradas coincide con la aparición de los primeros adultos en follaje. El estado de pupa no se pudo contabilizar de manera sistemática, probablemente a que esta etapa es muy corta y por lo espaciado de los muestreos, no se contabilizaron de manera precisa, aunque si se observaron pupas y pre-adultos en los últimos muestreos, sobre todo a finales de marzo y a principios de abril. En el huerto de San Andrés Calpan no se colectaron larvas en suelo y en el huerto de Huejotzingo en general se tuvo un promedio bajo, observándose el mayor promedio con 31.4 larvas el 12 de noviembre y disminuyendo ligeramente a 16 larvas el 29 de noviembre, posteriormente los niveles disminuyeron de manera significativa, hasta llegar a cero el 15 de abril de 2015.

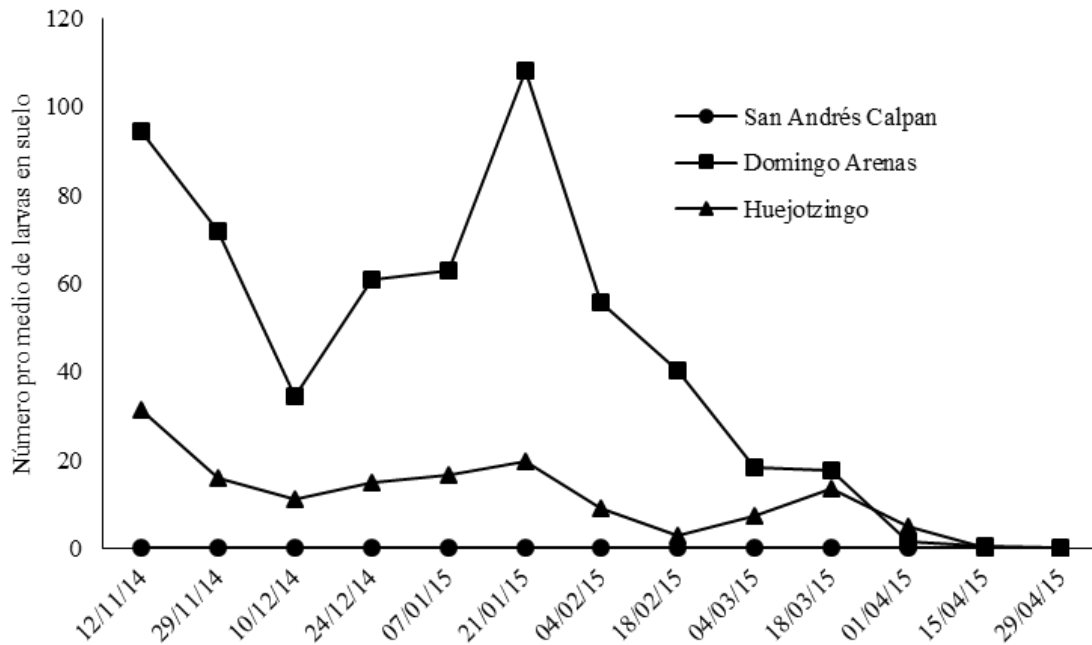


Figura 13. Número de larvas colectadas en suelo en huertos de tejocote en la Sierra Nevada de Puebla en el periodo de 2014-2015

Pocos estudios se han realizado acerca del período de hibernación de las larvas de la familia Curculionidae. Coria (1999), menciona que la larva de *C. perseae* sale del fruto del aguacate y se entierra al suelo para pupar. La investigación de *C. crataegi* hace una aportación importante, debido a que se pudo observar que las larvas empiezan a caer al suelo a partir de 01 de octubre de 2014, lo que coincide con la cosecha del tejocote y con el otoño, con la finalidad de hibernar después de haber adquirido el alimento que les dará la energía necesaria para pasar al estado de pupa hasta el siguiente año y poder emerger como adultos y alimentarse de los frutos a partir de abril del siguiente año, lo que coincide con la primavera y los frutos de tejocote en desarrollo, que ya son seleccionados por las hembras para alimento y oviposición (Muñiz *et al.*, 2012). La larva de *Amphidees latifrons* Sharp, 1891 (Coleoptera: Curculionidae) picudo de la yema del manzano, al emerger se dirige al suelo para alimentarse de las raíces más tiernas, al alcanzar su total desarrollo pupan a una profundidad de entre 5 y 20 cm (Guerrero *et al.*, 2004), de manera similar a como se observó en *C. crataegi* que al caer al suelo en los

huertos de tejocote solo se entierra en un intervalo de 5 hasta 15 cm de profundidad como máximo.

Conclusiones

C. crataegi presentó altos niveles de traslape de las diferentes etapas de desarrollo; la larva está presente en el fruto desde la primavera y hasta la cosecha del mismo y posteriormente, se encuentra en el suelo durante el otoño, todo el invierno y parte de la primavera del siguiente año. Los adultos emergieron desde la última semana de abril y hasta septiembre, con las densidades más altas el 28 de mayo y el 11 de junio. El huerto de Domingo Arenas tuvo el mayor número de adultos y larvas del barrenador, esto podría deberse a que este huerto no fue atendido por el productor, en tanto que en los huertos de Huejotzingo y San Andrés Calpan los productores realizan diferentes prácticas de poda, abonado y remoción del suelo principalmente, aunque es necesario evaluar estas prácticas en estudios posteriores.

Agradecimientos

A los evaluadores anónimos del artículo por sus valiosas aportaciones y sugerencias. Al Conacyt por otorgar la beca de doctorado a Martha Lilia Rosas Alfaro. Al Colegio de Postgraduados Campus Puebla por su apoyo en el financiamiento de este trabajo, los autores agradecen a los productores de tejocote de San Andrés Calpan, Domingo Arenas y Huejotzingo en el Estado de Puebla, México, por el apoyo y disposición para el desarrollo de la investigación y al Cesavep, por su apoyo en la vinculación con los productores en el área de estudio.

Literatura citada

- BAILEZ O. E.; VIANA B. A. M.; DE LIMA J. O. G.; MOREIRA D. D. O. 2003. Life-history of the guava weevil, *Conotrachelus psidii* Marshall (Coleoptera: Curculionidae), under laboratory conditions. Neotropical Entomology. 32(2): 203-207.
- BELI R. T.; RAKESH K. S.; AVTAR K. H.; RAO M. A. 1997. Chemistry and uses of pectin-A review. Critical Reviews. Food Science and Nutrition. 37(1): 47-73.
- BORYS M. V. 1989. Valor ecológico del tejocote (*Crataegus* spp.). Memorias del primer congreso de ecología. "La Era Ecológica". Puebla, Pue. México. 19 p.
- BORYS M. V.; LESZCZYŃSKA B. H. 1994. Tejocote (*Crataegus* spp.) Planta para solares, macetas o interiores. Revista Chapingo, Serie Horticultura. 2:95-107.
- CESAVEG (Comité Estatal de Sanidad Vegetal Guanajuato). 2007. Campaña de manejo fitosanitario del aguacatero 2007. Aguascalientes 12 p.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad). 2015. *Crataegus pubescens*. Rosaceae. 224-226 p. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/59-rosac1m.pdf [Fecha revisión: 09 noviembre 2015].
- CORIA A. V. M. 1999. Ciclo de vida, fluctuación poblacional y control del barrenador de la semilla del aguacate (*Conotrachelus perseae* Barber, *C. aguacatae* B.) (Coleoptera: Curculionidae) en Ziracuaretiro, Michoacán, México. Revista Chapingo, Serie Horticultura. 5: 313-318.
- DOUGLAS S. M.; COWLES R. S. 2011. Plant pest handbook a guide to insects, diseases and other disorders affecting plants. Pear (*Pyrus*). Quince (*Cydonia*). The Connecticut Agricultural Experiment Station, USA. Disponible en: <http://www.ct.gov/caes/cwp/view.asp?a=2826&q=378182&pp=12&n=1> [Fecha revisión: 5 de octubre 2015].

- EDWARDS J. E.; BROWN P. N.; TALENT N.; DICKINSON T. A.; SHIPLEY P. R. 2012. A review of the chemistry of the genus *Crataegus*. *Phytochemistry*.79:5-26.
- FREDERICK S. H. 1942. The genus *Conotrachelus dejean* (Coleoptera, Curculionidae) in the north central United States. With nine plates. In: Theodore B. J.; Wilbur T. F.; Van C. H. J. Illinois Biological Monographs. Volume XIX. No. 3. Published by the University of Illinois Urbana, Illinois. 170 p.
- GARCÍA M. R.; AGUILAR S. L.; SOTO H. M.; NIETO A. R. 2013a. Flavonoids and antioxidant activity of flowers of Mexican *Crataegus* spp. *Natural Product Research*. 27(9): 834-836.
- GARCÍA M. R.; AGUILAR S. L.; SOTO H. M.; NIETO A. R.; KITE G. 2012. Total phenolic compounds, flavonoids and antioxidant activity in the flowers of *Crataegus* spp. from Mexico. *Agrociencia*. 46: 651-662.
- GARCÍA M. R.; IBARRA E. E.; NIETO A. R. 2013b. Antioxidant compounds in hawthorn fruits (*Crataegus* spp.) of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 84: 1298-1304.
- GONZÁLEZ G. E.; PADILLA R. J. S.; REYES M. L.; PERALES DE LA C. M. A.; ESQUIVEL V. F. 2002. Guayaba, su cultivo en México. Libro Técnico No. 1 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Pabellón. Aguascalientes, México. 182 p.
- GUERRERO R. E.; LEZCANO B. J. A.; SÁNCHEZ V. V. M.; CORRALES R. J.; LANDEROS F. J. 2004. Biología del picudo de la yema del manzano *Amphidees latifrons* (Sharp) (Coleoptera: Curculionidae). *Acta Zoológica Mexicana*. 20(1): 265-272.
- HANELT. P. 2001. Mansfeld's encyclopedia of agricultural and horticultural crops: (except ornamentals). Springer Science & Business Media. 3641 p.
- HUERTA D. LA P. A.; ROSAS A. M. L.; MORALES J. J.; PÉREZ M. A.; LÓPEZ O. J. F.; HERNÁNDEZ L. R.; NÚÑEZ T. R. 2015. El barrenador del fruto del tejocote (*Conotrachelus crataegi* Walsh). Aldea México. México. 31 p.

- INAFED (Instituto para el Federalismo y Desarrollo Municipal). 2010. Puebla Región IV Angelópolis. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México, Estado de Puebla. SEGOB (Secretaría de Gobernación). Disponible en: www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM21_puebla/ [Fecha revisión: 10 octubre 2015].
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los estados unidos mexicanos. Calpan. Clave geoestadística 21026. 2009. Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/21/21026.pdf>, Domingo Arenas 21060.pdf y Huejotzingo 21074.pdf [Fecha revisión: 17 de junio de 2015].
- KARP D. 2010. Once the most smuggled fruit from Mexico. Tejocote: No longer forbidden. *Fruit Gardener*. 42 (6):10-14.
- LATORRE D.; LATORRE F. A. 1977. Plants used by the Mexican Kickapoo Indians. *Economic Botany*. 31: 340-357.
- MAIER C. T. 1980. Quince curculio, *Conotrachelus crataegi* Walsh (Coleoptera: Curculionidae), developing in apple, a new host, in southern New England. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*. 82:59-62. Disponible en: <http://biostor.org/reference/75891> [Fecha revisión: 10 octubre 2015].
- MÁRQUEZ L. J. 2005. Técnicas de colecta y preservación de insectos. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*. 37: 385-408.
- MENDOZA R. R.; PARRA I. F.; DE LOS RÍOS C. I. 2010. La actividad frutícola en tres municipios de la Sierra Nevada en Puebla: Características, organizaciones y estrategia de valorización para su desarrollo. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. 7(3): 229-245.
- MUÑIZ M. M.; CIBRIÁN T. J.; NIETO A. R. 2012. Fuentes de atracción y preferencia de oviposición de *Conotrachelus crataegi* Walsh (Coleoptera: Curculionidae) en *Crataegus* spp. (Rosaceae: Maloideae). *Revista Chapingo, Serie Horticultura*. 18(1):21-37.

- NIETO A. R. 2007. Colección, conservación y caracterización del tejocote (*Crataegus* spp.). (p 27-107). En: Nieto-A., R. (ed). Frutales Nativos, un Recurso Fitogenético de México. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Méx. México. 107 p.
- NIETO ÁNGEL R.; PÉREZ O. S. A.; NÚÑEZ C. C. A.; MARTÍNEZ S. J.; GONZÁLEZ A. F. 2009. Seed and endocarp traits as markers of the biodiversity of regional sources of germplasm of tejocote (*Crataegus* spp.) from Central and Southern Mexico. *Scientia Horticulturae*. 121:166-170.
- NÚÑEZ C. C. A. 2009. The tejocote (*Crataegus* Species): a Mexican plant genetic resource that is wasted. A review. *Acta Horticulturae*. 806: 339-346
- NÚÑEZ C. C. A.; ESCOBEDO L. D.; HERNÁNDEZ M. M. A.; ORTEGA R. C. 2012. Modelos de las zonas adecuadas de adaptación del tejocote (*Crataegus mexicana* DC.) por efecto del cambio climático. *Agronomía Mesoamericana*. 23(2): 241-246.
- NÚÑEZ C. C. A.; NIETO A. R.; BARRIENTOS P. A. F. 2005. Índices de selección para aumentar el tamaño de fruto en tejocote (*Crataegus* spp.). *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture*. 48:146-148.
- NÚÑEZ C. C. A.; NIETO A. R.; BARRIENTOS P. A. F.; SAHAGÚN C. J.; GONZÁLEZ A. F. 2008. Variability of three regional sources of germplasm of Tejocote (*Crataegus* spp.) from central and southern Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 55:1159-1165.
- NÚÑEZ C. C. A.; SAHAGÚN C. J.; GONZÁLEZ A. F.; BARRIENTOS P. A. F.; SEGURA S.; NIETO A. R. 2009. Identification of morphometric traits for screening of tejocote (*Crataegus* spp.) germplasm for better yield potential. *Fruits*. 64(1): 35-44.
- NÚÑEZ C.C. A.; GARCÍA M. R.; NIETO A. R.; SOTO H. M. 2007. Caracterización de genotipos de *Crataegus* en relación al contenido de compuestos fenólicos. *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture*. 51:124-127.

- OSORIO G. N.; LÓPEZ S. H.; RAMÍREZ V. B.; GIL M. A.; GUTIÉRREZ R. N. 2015. Producción de maíz y pluriactividad de los campesinos en el Valle de Puebla, México. *Nova Scientia*. Número 14. 7(2): 577-600.
- PEDROZA I. R.; AGUILAR E. E.; VERNON C. E. J. 1995. Extraction of pectin from tejocote (*Crataegus mexicana*) by acid hydrolysis and by ion exchange resins. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 35(2): 151-160.
- PÉREZ D.; IANACONE J. 2008. Ciclo biológico, comportamiento y censo del picudo del camu camu, *Conotrachelus dubai* O'Brien 1995 (Coleoptera: Curculionidae) en Pucallpa, Perú. *Acta Amazonica*. 38(1): 145-152.
- PÉREZ O. C. P.; MENDOZA A. M.; CEJA R. J.; PACHECO L. 2008. Anatomía de la madera de cinco especies de la familia Rosaceae. *Madera y Bosques*. 14(1):81-105.
- RESINA. 2013. Caracterización de tejocote (*Crataegus* spp.). Red tejocote. Macro-Red Frutales. 1:53-56.
- RODRÍGUEZ G.; CÁSARES M. R. 2003. Algunos aspectos bioecológicos del gorgojo del níspero, *Conotrachelus* sp. (Coleoptera: Curculionidae). *Entomotropica*. 18(1): 57-61.
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2014. Producción Agrícola. Estado de Puebla. Ciclo: Cíclicos y perennes. Modalidad: Riego + Temporal. Tejocote. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> [Fecha revisión: 09 noviembre 2015].
- SIMEÓN R. 1997. Diccionario de la Lengua Náhuatl o mexicana. Siglo Veintiuno América Nuestra. 783 p.
- STEYSKAL G. C.; MURPHY W. L.; AND HOOVER E. M. 1986. Insects and mites: Techniques for collection and preservation. United States Department of Agriculture. Miscellaneous Publication Number 1443. 103 p.
- TAHIROVIĆ A.; ČOPRA J. A.; NEDŽAD B.; VIDIĆ D.; KLEPO L.; DELIC D. 2012. Determination of vitamin C in some Bosnian *Crataegus* L. species by spectrophotometric method. *Works of the Faculty of Forestry University of Sarajevo* 1: 43-55.

YANG B.; LIU P. 2012. Composition and health effects of phenolic compounds in hawthorn (*Crataegus* spp.) of different origins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 92: 1578-1590.

5.2. Análisis socioeconómico del agroecosistema tejocote en relación a la incidencia de *Conotrachelus crataegi*

MARTHA LILIA ROSAS-ALFARO, ARTURO HUERTA-DE LA PEÑA, JUAN MORALES-JIMÉNEZ, ANDRÉS PÉREZ-MAGAÑA, LUIS RICARDO HERNÁNDEZ, JESÚS FRANCISCO LÓPEZ-OLGUÍN

Resumen

Los productores de la Sierra Nevada de Puebla han adquirido y heredado conocimiento acerca de las plagas y enfermedades del tejocote, así como su manejo. Sin embargo, las plagas y enfermedades van adquiriendo resistencia debido al uso excesivo de productos químicos (insecticidas o fertilizantes). Aunado a ello la falta de información de los diferentes ciclos biológicos de los insectos y las enfermedades, así como, la falta de asistencia técnica, impide que los productores tengan un buen manejo y control de las plagas. Por lo tanto, el objetivo de la investigación fue realizar un análisis socioeconómico de la incidencia de *Conotrachelus crataegi* en huertos de tejocote en los municipios de Calpan, Domingo Arenas y Huejotzingo, Puebla; para determinar los factores causales. Se llevó a cabo una encuesta, aplicando un muestreo simple aleatorio, entrevistando a 125 productores de tejocote. Se sistematizaron los resultados y se realizaron análisis descriptivos y una regresión binaria para explicar las principales causas que pudieran ayudar en entender el problema del control del barrenador. Actualmente, en la zona de la Sierra Nevada de Puebla, el barrenador del tejocote es la principal plaga debido a que afecta el 61% de la producción final de tejocote. Los principales factores de este daño es la falta de conocimiento tanto técnico como biológico. El estudio estadístico indica que los productores con mayor superficie son quienes ponen mayor cuidado a sus árboles debido a que obtienen mayor rendimiento por hectárea lo que, al final, les reditúa un mayor ingreso. Todo

lo contrario, se observa para quienes poseen pocos árboles o solamente tienen la tierra prestada o rentada.

Palabras clave: *Crataegus* spp. *Conotrachelus crataegi*. Rosaceae. Sistemas de producción.

Introducción

Los sistemas agrícolas son muy diversos, de ahí la importancia de entender sus diferentes relaciones para poder tomar decisiones. La teoría general de sistemas busca integrar las diversas ciencias para abordar de manera interdisciplinaria un problema (Bertalanffy, 2004). Específicamente, el agroecosistema tejocote se debe visualizar como algo unificado y tratar de forma holística bajo un enfoque de sistemas, con los conocimientos empíricos que los agricultores poseen de la cosmovisión que cada uno va adquiriendo generación tras generación, tomando en cuenta las condiciones socioeconómicas y ecológicas principalmente (Vidal *et al.*, 2014).

El sistema de producción se encuentra formado por diversos elementos que forman su estructura, los cuales se vinculan con la finalidad de cumplir objetivos precisos, con base a estos definen límites que facilitan el análisis para saber cómo es, cuál es su función y que factores lo favorecen o limitan. El sistema de producción tiene una dinámica que es la que determina la evolución de su funcionamiento y su estructura. Esta dinámica se da principalmente por los objetivos del productor, los cuales tienen cambios en su entorno. Su funcionamiento tiene que ver con el intercambio de energía con respecto al tiempo, entre el mismo sistema y su entorno (Scalone, S/F).

De acuerdo con las Naciones Unidas (2015), la población mundial actual es de 7,349 millones de personas, se proyecta que para el año 2050 la población mundial será de 9,725 millones de personas. Por lo tanto, la necesidad de

alimento incrementará. Se estima que hasta el 90% de la producción de alimentos tendrá que originarse de los campos ya cultivados. Debido a esto, las plantaciones tendrán que alcanzar mayores rendimientos y menos pérdidas por plagas y enfermedades. En los países en desarrollo, los agricultores de pequeña escala son los encargados de producir los alimentos; por lo tanto, introducir nuevos sistemas agrícolas y tecnologías mejoradas, resulta en una mejora de la productividad de los cultivos, para generar alimentos y mejorar el ingreso. La actividad agrícola tiene como objetivo, proveer a la población creciente las cantidades de alimentos y de fibras necesarias, así como, proveer un ingreso satisfactorio para el agricultor y su familia (FAO-IFA, 2002).

El crecimiento de la producción agrícola actualmente, es insostenible, debido a sus impactos negativos sobre los recursos naturales y el medio ambiente. Una tercera parte de la superficie dedicada a la agrícola está degradada, se ha perdido hasta el 75% de la diversidad genética de los cultivos y el 22% de las razas de ganado están en riesgo. También se calcula que más de la mitad de las poblaciones de peces están completamente explotadas y, en la última década, aproximadamente unos 13 millones de hectáreas de bosques al año fueron transformadas para otros usos (FAO, 2014).

A nivel mundial cada año la producción agrícola se reduce de un 20 hasta un 40% por efecto de las plagas y enfermedades (FAO, 2016). A nivel nacional, la producción de tejocote se estimó en 4,398.91 ton, en el año 2014, mientras que, en el mismo año, en el estado de Puebla se estimó una producción de 4,159.79 ton, lo que representa un 94.57% de la estimación nacional. La sumatoria de la producción en los municipios de Calpan, Huejotzingo y Domingo Arenas fue de 945.73 ton (Cuadro 3), aportando un 21.50% de la producción estatal (SIAP, 2014). Debido a lo anterior, Puebla es el estado que aporta el 95% de la producción total de tejocote, motivo por el cual se deben tomar medidas de control para las plagas y enfermedades, así como la implementación de prácticas de manejo adecuadas al tejocote con la finalidad de tener un producto de mayor

calidad e inocuo. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue realizar un análisis socioeconómico de la incidencia de *Conotrachelus crataegi* en los huertos de tejocote de tres municipios pertenecientes a la Sierra Nevada de Puebla para determinar los factores causales.

Cuadro 3. Producción nacional, estatal y municipal del tejocote en el año 2014

Tejocote	Superficie Sembrada (ha)	Superficie Cosechada (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ton/ha)	Precio (\$/ton)	Valor Producción (Miles de pesos)
Producción Nacional						
	917.90	871.30	4,398.91	5.05	1,648.00	7,249.40
Producción Estado de Puebla						
	854.80	815.30	4,159.79	5.10	1,339.06	5,570.21
Producción por Municipio						
Calpan	86.00	86.00	593.20	6.90	1,284.63	762.04
Huejotzingo	53.00	53.00	325.50	6.14	1,372.08	446.61
Domingo Arenas	5.30	5.30	27.03	5.10	952.38	25.74

Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2014)

Debido a lo anterior, el objetivo de la investigación fue realizar un análisis socioeconómico de la incidencia de *Conotrachelus crataegi* en huertos de tejocote en los municipios de Calpan, Domingo Arenas y Huejotzingo, Puebla y determinar los factores causales. Tomando en cuenta las diferentes características del productor y del sistema de producción. Motivo por el cual las variables acerca del productor (edad, escolaridad, ingreso económico) y las del sistema de producción (número de árboles frutales, tipo de régimen de humedad, superficie, plagas, enfermedades) son importantes para determinar las potencialidades y oportunidades que tienen los productores para poder tener mejores ingresos con

la finalidad de lograr un desarrollo agrícola regional satisfactorio con base a sus necesidades primarias (Bahena y Tornero, 2009).

Materiales y métodos

Tamaño de muestra

Para determinar el número de productores a entrevistar se procedió a la búsqueda de un padrón de productores; esta lista fue proporcionada por el Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Puebla (CESAVEP), quien tiene un registro debido a que proporciona asesoría técnica y un descuento del 50% de insumos (Cuadro 4), a los productores de tejocote. Estos son de los municipios de Calpan, Domingo Arenas y Huejotzingo pertenecientes a la Sierra Nevada de Puebla.

Cuadro 4. Registro de productores de tejocote en tres municipios de la Sierra Nevada de Puebla

Municipio	Localidades	Productores	Hectáreas
Calpan	San Andrés	380.00	594.37
	Calpan		
	San Lucas		
Domingo Arenas	Atzala	120.00	102.31
	Domingo	136.00	101.53
	Arenas		
	Chahuac	12.00	11.50
	Huejotzingo	164.00	208.75
	Nepopualco	106.00	71.25
	Tianguizolco	11.00	15.00
Huejotzingo	Pancoac	30.00	32.75
	Atexcac	355.00	343.41
	Buena vista	57.00	47.81
	Total	1371.00	1528.68

Fuente: Padrón proporcionado por el CESAVEP, productores de tejocote que tienen asesoría técnica por parte del comité y adquieren insumos a mitad de precio

Se denomina población al “conjunto de elementos en un tiempo y en un espacio determinados”, de esta se toma una muestra la cual se define como un “subconjunto de la población” (Di Rienzo et al., 2009).

Para el cálculo del tamaño de muestra se utilizó el método de muestreo simple aleatorio, que “es la selección de n unidades de una población de tamaño N de tal manera que cada una de las muestras posibles tenga la misma oportunidad de ser elegida”, utilizando la varianza máxima. Por lo tanto, se utilizó la fórmula de varianza máxima con un nivel de confianza del 98% y un error estándar del 10% (Cochran, 1974).

$$n = \frac{NZ_{\alpha/2}^2 p * q}{Nd^2 + Z_{\alpha/2}^2 p * q}$$

Donde:

n = Tamaño de muestra

N = 1371 productores de tejocote

$Z_{\alpha/2}$ = 2.33, por lo tanto, z^2 = 5.4289 (con una confiabilidad del 98%)

d = 10%, entonces 0.1 de error estándar

$p=q$ = 0.5; entonces $p*q$ = 0.25 de varianza máxima

La lista proporcionada por el CESAVEP tiene diferentes localidades por municipio, por lo tanto; el tamaño de muestra fue de 125 productores de tejocote, el cual fue distribuido de manera proporcional en cada uno de los tres municipios del área de estudio (Cuadro 5).

Diseño del instrumento

Para entrevistar a los productores se diseñó un cuestionario basado en la encuesta de Figueroa (2011), adaptándola a los parámetros deseados acerca del tejocote; para preguntar sobre las principales variables del sistema de producción,

por lo tanto se constituyó de seis apartados: **1) Datos personales**, incluyendo principalmente la edad, sexo y escolaridad del productor; **2) Sistema de producción**, con las principales variables de superficie y tenencia de la tierra, los cultivos sembrados, así como los frutales asociados; **3) Manejo del barrenador**, las variables más sobresalientes, tipos de plagas y enfermedades que dañan el tejocote, cuales con los insecticidas utilizados para su control; **4) Organización y Asistencia técnica**, como sí el productor pertenece o no a alguna organización, que tipo de apoyo o ayuda recibe y por parte de quien; **5) Producción y comercialización**, variables importantes a investigar fueron cuanto produce y en qué mes del año, a quien vende el producto y si realiza alguna transformación al tejocote, y **6) Plantas medicinales**, tipo de plantas que utilizan para combatir insectos. Para la aplicación a productores de los tres municipios de la Sierra Nevada de Puebla antes mencionados (Anexo 2).

Cuadro 5. Productores de tejocote a entrevistar en las localidades de la Sierra Nevada de Puebla

Municipio	Localidad	Porcentaje	Productores a entrevistar
Calpan	1) San Andrés Calpan	27.00	33.00
	2) San Lucas Atzala	9.00	11.00
Domingo Arenas	1) Domingo Arenas	10.00	13.00
	2) Chahuac	1.00	1.00
Huejotzingo	1) Huejotzingo	12.00	15.00
	2) Santa María Nepopualco	8.00	10.00
	3) San Miguel Tianguizolco	1.00	1.00
	4) San Juan Pancoac	2.00	3.00
	5) Santa María Atexcac	26.00	33.00
	6) San Diego Buenavista	4.00	5.00
Total		100.00	125.00

Aplicación de encuestas y análisis de la información

Una vez determinado el tamaño de muestra el cual fue de 125 productores, se procedió a aplicar el cuestionario, en el período comprendido de febrero hasta septiembre de 2015 en los tres municipios del área de estudio. Teniendo en cuenta que la mayoría de los productores tienen pequeña propiedad, el 100% de la agricultura es de temporal, con temperaturas que oscilan entre 2-18 °C, con precipitaciones que varían de 700-900 mm. Los huertos son intercalados con frutales como: durazno, pera, manzana, capulín, entre otros y se asocia con maíz y frijol principalmente.

La aplicación de este cuestionario fue principalmente de dos maneras:

Reuniones con productores de tejocote, en las que se impartieron conferencias acerca del ciclo biológico del barrenador; información generada durante el desarrollo de esta investigación. Estas reuniones ayudaron a realizar la entrevista y contestar el cuestionario por parte de los productores, proporcionando la información acerca del conocimiento y desarrollo del cultivo tejocote.

Informantes clave por localidad, en cada una de las localidades se visitaba al presidente auxiliar con la finalidad de que proporcionará ayuda para visitar a los productores de su localidad, con el objetivo de facilitar la ubicación de los mismos. En los dos casos anteriores cuando se entrevistaba a un productor algunos de ellos hacían la recomendación de que se podía entrevistar a algún conocido que también se dedicaba a producir tejocote. Esto apresuró la aplicación de cuestionarios a los productores.

Para el análisis de la información recabada a partir de los cuestionarios, se sistematizó la información por variable, para vaciar la información en el programa Excel 2013; posteriormente, se exportaron los datos al programa estadístico SPSS versión 22.0, con la finalidad de realizar algunos análisis de estadística descriptiva

y una regresión logística binaria ($p \leq 0,05$), tomando como variable dependiente las labores al tejocote (variable dicotómica; Sí= 1; No= 0), y las variables independientes fueron: daños, utilidad, relación beneficio-costo, clasificación del fruto, producción anual, número de árboles, escolaridad, edad, frecuencia de capacitación y superficie; todas las variables fueron numéricas. En el programa Excel se editaron las gráficas y en Word 2013 se realizó la edición de los cuadros empleados en los resultados.

Resultados y discusión

En este apartado se presentan los resultados de las encuestas con el fin de realizar un análisis socioeconómico de la incidencia de *C. crataegi* en huertos de tejocote en los municipios de Calpan, Domingo Arenas y Huejotzingo, en el estado de Puebla; pertenecientes a la Sierra Nevada. En los resultados se consideraron las variables de los diferentes apartados de la encuesta aplicada a los productores de tejocote del área de estudio.

Datos personales del productor

La **edad** promedio de los productores de tejocote fue de 54 años. En el cuadro 6 se indican las edades de los productores con frecuencias agrupadas, utilizando la regla de Sturges (Blalock, 1986) se determinó el número de intervalos que fueron siete, un rango de 70 y una amplitud de intervalo de 10.

Al determinar la media de las edades de los productores resultó un valor de 54.16 años, en este caso se realizó un redondeo con una edad de 54 años, con una varianza de 24.4 y una desviación estándar de 4.94 años. Del 100% de los productores el 86.4% fueron hombres y el 13.6% mujeres. Con respecto a la **escolaridad** el 64% tienen primaria, solo el 1% tienen una carrera técnica y el 6% no cuenta con estudios (Fig. 14).

Cuadro 6. Edad de productores de tejocote del área de estudio

Edad	f _i	F
[15-25)	3.2	3.2
[25-35)	4	7.2
[35-45)	17.6	24.8
[45-55)	27.2	52
[55-65)	26.4	78.4
[65-75)	14.4	92.8
[75-85]	7.2	100

Fuente: Elaboración propia, n=125 productores, P≤0.02

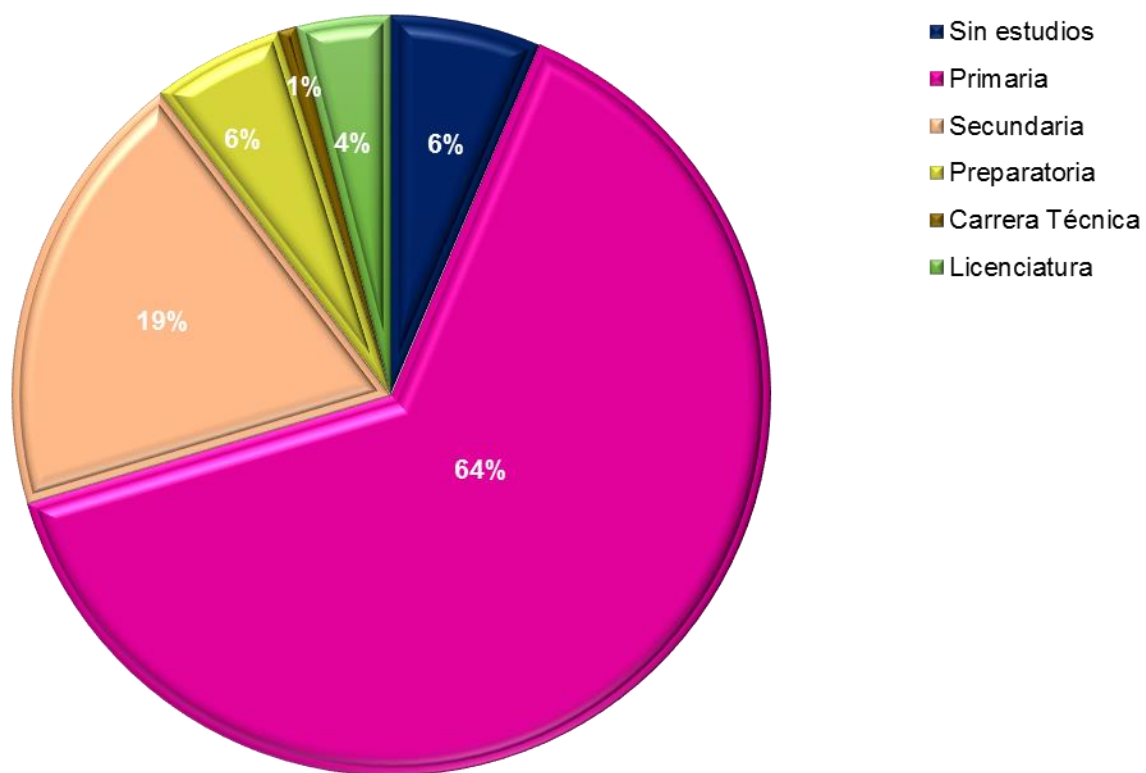


Figura 14. Niveles de escolaridad de los productores de tejocote

De las diversas actividades que desarrolla el productor en la agricultura y en las labores del tejocote el 92.8% son ayudados ya sea por jornaleros o por su familia, destacando la ayuda de las esposas. Para complementar sus ingresos el 70% de los productores se dedican a otras actividades productivas como albañiles y músicos; en el caso de las esposas se dedican principalmente al comercio en los tianguis aledaños a sus municipios, entre ellos Calpan, Domingo Arenas, Huejotzingo, San Nicolás de los Ranchos, San Martín Texmelucan, entre otros.

Sistema de producción

Tenencia de la tierra. El 80% de los productores tienen pequeña propiedad, el 20% se distribuye en ejido, prestada y rentada, el 100% de la agricultura es de temporal, con un promedio de 1.125 ha por productor con un mínimo de 0.25 ha y un máximo de 5 ha. El 25% de los productores tienen 1 ha destinada al cultivo de tejocote. El 88% de los productores asocia cultivos principalmente maíz y frijol, calabaza y/o haba, entre otros. El 12% no siembra cultivos en sus huertos, únicamente intercala el tejocote con diferentes frutales entre ellos durazno, ciruela, capulín, chabacano, pera y manzana.

Debido a que la **superficie de los huertos** es diferente y la distancia entre los árboles es bastante heterogénea, en algunos casos únicamente se tiene una sola hilera de tejocote; regularmente intercalada con otros frutales. El **número de árboles** por huerto es mínimo de 10 y el máximo de 1,500 con un rango de 1,490 y una moda de 50 árboles lo que da un porcentaje de 9.6 por parcela por productor. La **distribución de los tejocotes** en el huerto se da con mayor frecuencia en un arreglo de 5x10 m, (con este arreglo en un huerto de 1 ha se encuentran 200 árboles de tejocote); donde existen 5 m entre la distancia entre hilera e hilera y una distancia de 10 m entre cada tejocote dentro de las hileras; aunque en algunos casos existen otros frutales intercalados entre los tejocotes, se

puede encontrar solamente 1 hilera de tejocote, esto debido a la superficie del huerto.

Edad de los árboles. Los árboles pequeños tienen una media de 6 años, los medianos de 16 años y los grandes de 34 años, lo que indica que estos árboles están en plena producción, debido a que los productores dicen que para considerar un árbol en plena producción debe tener entre 30-50 años de edad; los árboles que son viejos tienen aproximadamente 100 años, aunque algunos pueden pasar esa edad, pero su producción empieza a disminuir gradualmente, conforme van incrementando edad, hasta que llegan a morir.

Labores al tejocote. Durante el año los productores desarrollan diferentes actividades agrícolas a los árboles y al terreno, el 97.6% realiza labores al tejocote y el 2.4% no hace ninguna actividad a los árboles, es decir; únicamente esperan la cosecha. En el cuadro 7 se presentan las diferentes actividades por mes durante un año. Aguilar y Muñoz (2006), comentan que la poda es la labor más importante en la fruticultura de árboles caducifolios, pero que es necesario hacer esta actividad de forma correcta, porque debido a esto se pueden obtener cosechas constantes, de gran volumen y de alta calidad.

Fertilización a los árboles. El 76.8% de los productores utiliza fertilizante, abono animal o ambos. Dentro de los productores que sí fertilizan el 37.6% utiliza orgánicos (principalmente de origen animal), el 24.6% utilizan ambos fertilizantes (orgánicos e inorgánicos) y el 24.6% no utiliza ningún tipo de fertilizante (Fig. 15). La mayoría de los productores aplican abono animal, la razón por la que algunos productores no aplican fertilizantes es debido a su alto costo y en el caso de los abonos de origen animal no tienen animales para poder obtenerlo y comprarlo representa un costo extra para ellos.

Cuadro 7. Principales labores culturales y prácticas de manejo aplicadas al tejocote en un año

Mes	Actividad
Enero	Podar, encalar, limpiar ¹
Febrero	Podar, encalar, limpiar
Marzo	Fumigar, fertilizar
Abril	Fumigar, fertilizar
Mayo	Fumigar
Junio	Fumigar
Julio	Fumigar, fertilizar
Agosto	Fumigar, fertilizar
Septiembre	Cosecha en verde
Octubre	Cosecha fruto precoz
Noviembre	Cosecha plena producción
Diciembre	Cosecha finaliza

Fuente: Datos obtenidos de las encuestas a productores tomando en cuenta los porcentajes más altos en las diferentes actividades por mes. Limpiar¹: Deschuponar, limpiar hileras, hacer cajetes. n=125 productores, P≤0.02

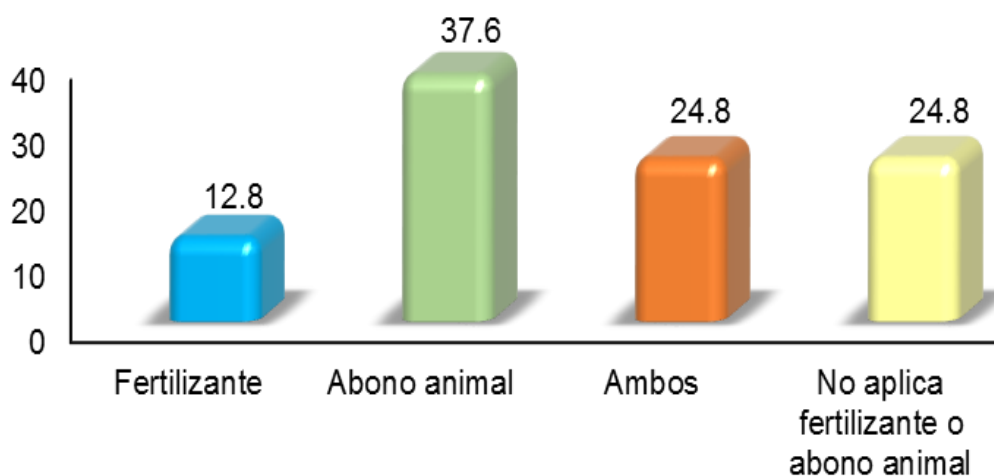


Figura 15. Tipos de fertilizantes usados por los productores de tejocote

Dentro de los fertilizantes sintéticos que utilizan los productores se encuentran el nitrofoska® (22-8-10), triple 17® (17-17-17), el negro ® (18-46-0) y el más utilizado es la urea® (46-0-0), porque es el más barato, debido a que aplican una cantidad de 1-2 kg por árbol, dependiendo de su tamaño, aunque la moda es de 1 kg sin importar la edad o el tamaño del árbol.

De los fertilizantes orgánicos utilizan el abono vacuno en primer lugar, seguido del ovino, porcino, avícola, equino o la mezcla de uno o más de estos. También aplican lombricomposta®, composta®, biol® y foliares para las hojas del árbol de tejocote; asimismo, aprovechan para fertilizar el resto de sus árboles frutales o cultivos si se encuentran asociados con otros frutales al momento de hacer la fertilización, la cantidad en promedio por árbol es de 25 kg. Principalmente, los familiares son quienes ayudan a la fertilización, mínimo una persona (productor) es quien realiza la fertilización y máximo son 7 personas (productor y jornaleros) por lo tanto, el rango es de 6.

Nulas han sido las investigaciones sobre fertilización en el tejocote, cabe mencionar que hay investigaciones sobre el durazno, que es de la misma familia de las Rosáceas, donde se recomienda aplicar fertilizantes de fuentes de nitrógeno, pero en dependencia de la época de aplicación de nutrientes; otra época es en postcosecha, con la finalidad de tener buenas reservas para el siguiente ciclo. Además, si se aplica el fertilizante en pequeñas cantidades en un mayor período de tiempo incrementa la eficiencia de absorción (Gratacós, S/F).

En otra investigación Espíndola *et al.* (2009), dicen que la fertilización dependerá de la edad de los árboles, densidad de plantas y la fertilidad del suelo que es muy importante; además, para realizar una recomendación precisa es necesario hacer análisis químico de suelo y hojas con frecuencia.

Por lo tanto, se recomienda realizar estudios dirigidos hacia el tejocote con la finalidad de evaluar la mejor época de absorción del nitrógeno.

Manejo del barrenador

Problemas de producción. Los productores tienen diversos problemas para cultivar el tejocote, entre los que destacan son las plagas y enfermedades con un 63.2%, que es más de la mitad de los productores encuestados, quienes coinciden que estas causan graves daños al cultivo durante su desarrollo, el daño está muy marcado en la cosecha del tejocote debido a que el fruto se encuentra totalmente plagado (Fig. 16).

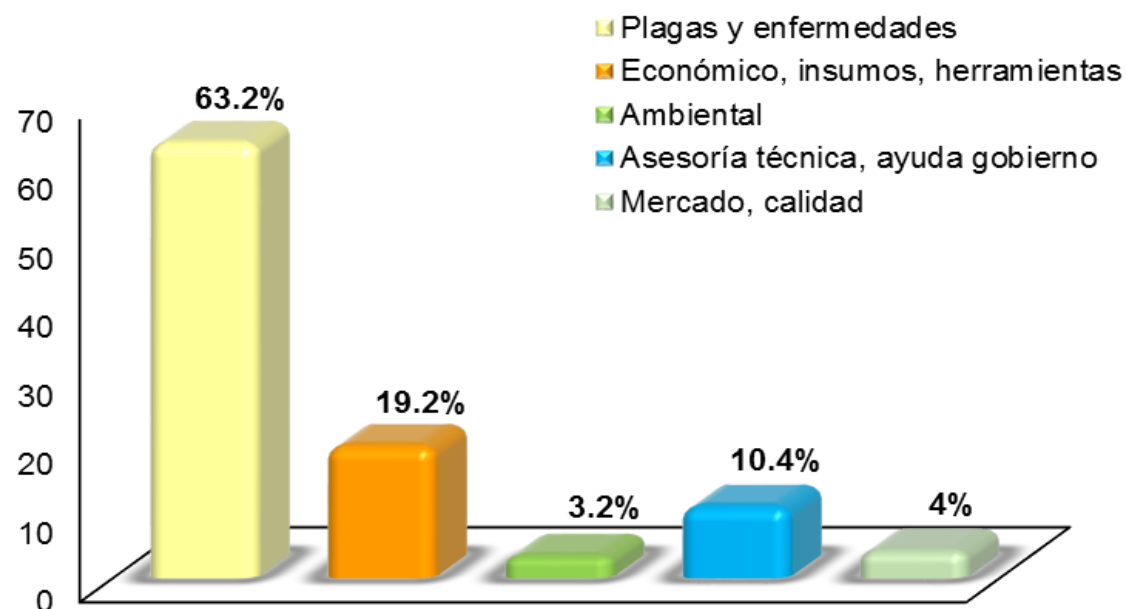


Figura 16. Problemas que enfrentan los productores en el cultivo de tejocote

Plagas del tejocote. Dentro de los problemas fitosanitarios se encuentran las principales plagas que afectan al tejocote, como se observa en la figura 17 el barrenador (*C. crataegi*) daña en un 61% al fruto de tejocote; en segundo lugar, está la mosca con un 23%, también tienen problemas con defoliadores y barrenadores de ramas entre otros. Muñiz *et al.* (2012), afirman que el fruto es afectado por *C. crataegi*, además, que este insecto barrena la pulpa y el hueso, motivo por el cual ocasiona daños y pérdidas debido a la baja calidad.

Un 84% de los productores dice que el barrenador daña todo el fruto, el 4% comentó que daña solamente al hueso y el 12% no sabe exactamente cuál es el daño que ocasiona el barrenador debido a que ni siquiera lo conocen. Por la revisión de los frutos con ayuda de un estereoscopio, se detectó que el daño principal se hace en la semilla “hueso”, pero al ya no haber semilla y por la cantidad de larvas en desarrollo (máximo 3 larvas de diferente instar) que se encuentran en un solo fruto, se comen también la pulpa del fruto.

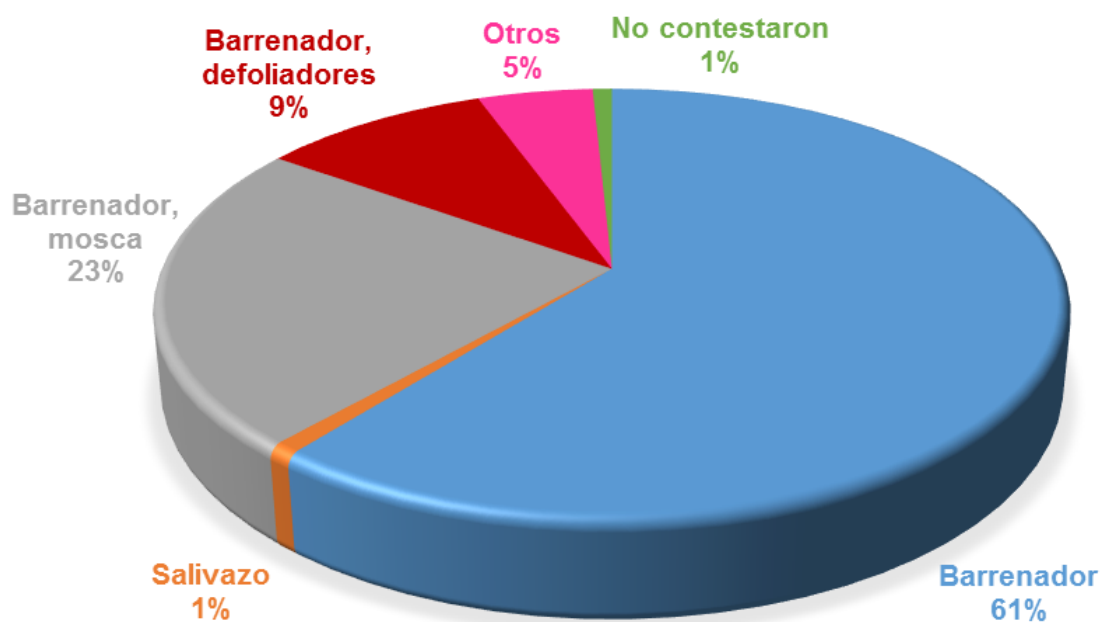


Figura 17. Plagas presentes en el cultivo de teocote en el área de estudio de la Sierra Nevada de Puebla

El porcentaje de daño por parte del barrenador del teocote es muy diverso debido a esto se realizaron cuatro intervalos de porcentajes los cuales son: 0-25%, 26-50%, 51-75% y del 75-100%, más los que no respondieron la pregunta. Por lo que la figura 18 muestra los porcentajes de productores en cada uno de los intervalos,

encontrando la mayor cantidad en el intervalo de 0-25% de daño con un 48% de productores que son afectados por el barrenador.

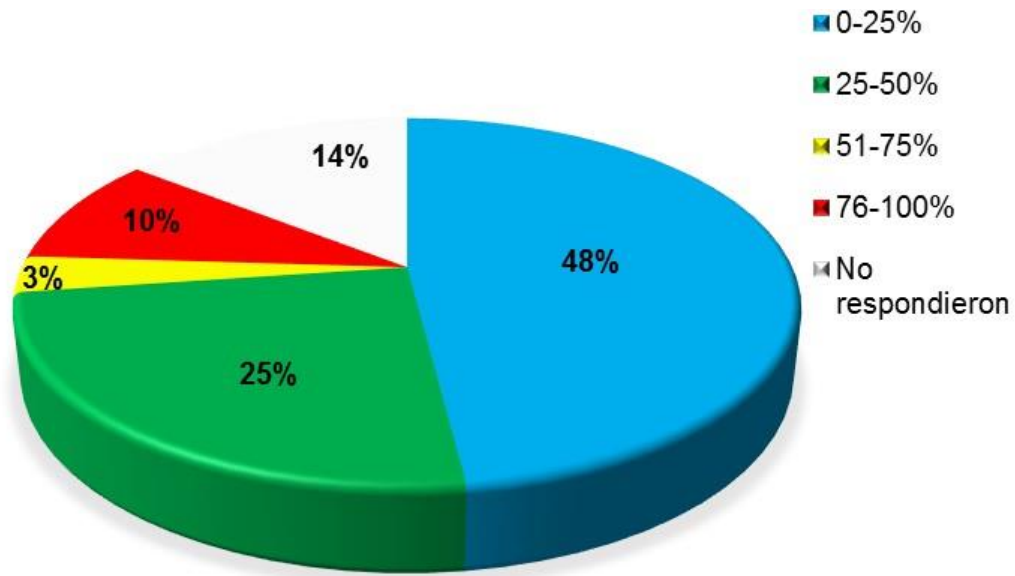


Figura 18. Daño del barrenador en los frutos de tejocote

Enfermedades del tejocote. El tejocote presenta diversas enfermedades durante su desarrollo, actualmente la roya ha pasado al primer lugar, porque se volvió una enfermedad primaria; desde el año 2012 inicia como un problema sin importancia y con el paso del tiempo se fue incrementando de tal manera que en 2015 el 65% de los productores coinciden en que es un problema grave debido a que afecta al fruto del tejocote principalmente. Resultado que coincide con Nieto (2014), debido a que él realizó una investigación donde encuentra que la roya (*Gymnosporangium clavipes*) se ha vuelto una enfermedad de importancia económica, información según los mismos productores entrevistados para su investigación. También se presentan otras enfermedades en este frutal como la roña, el tizón de fuego, entre otros (Fig. 19).

Los productores comentaron que el principal daño de la roya es una deformación en el fruto cuando acaba de realizarse el amarre del mismo e iniciar su desarrollo, aunque también daña las hojas. Por observación en campo de esta enfermedad se desarrolla primero en el fruto un polvo de color naranja (Fig. 20);

posteriormente, se deforma el fruto hasta que lo cubre en su totalidad, pasando luego a las ramas y hojas donde se encuentra el fruto contaminado.

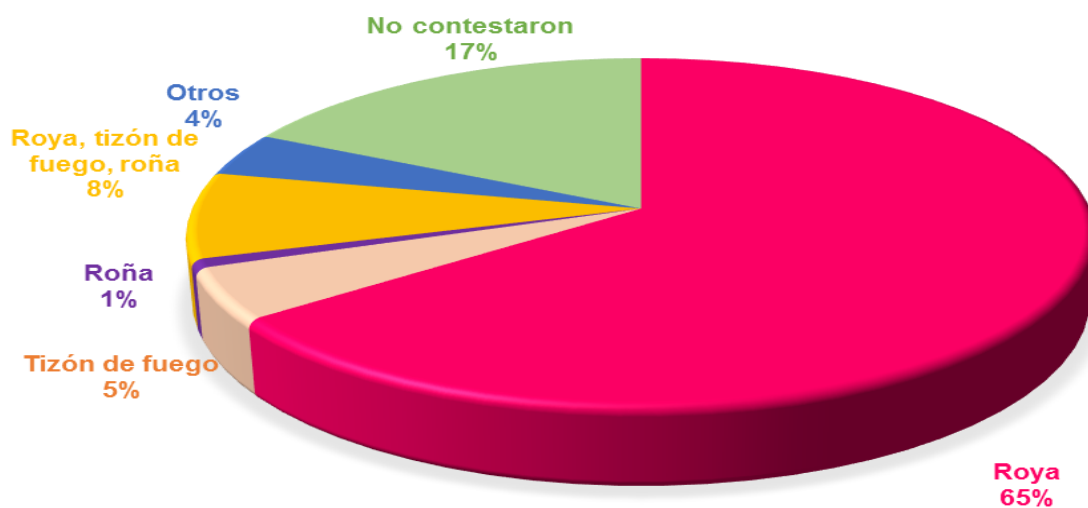


Figura 19. Enfermedades presentes en el tejacote en el área de estudio

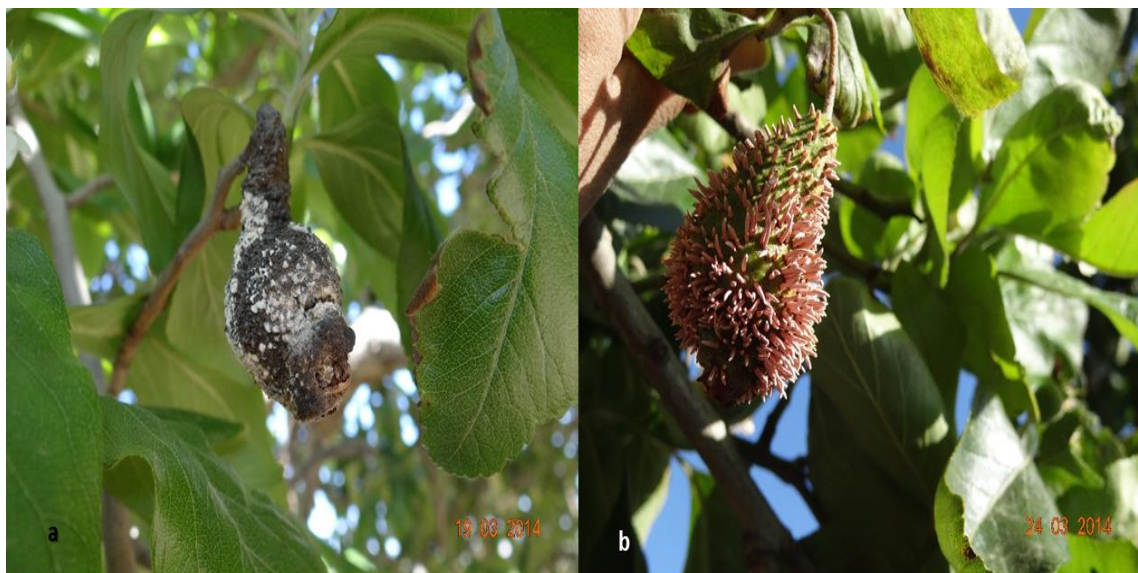


Figura 20. Roya en frutos de tejacote. A) tejacote contaminado en el árbol del año anterior; b) tejacote deforme en desarrollo, ambos del año 2014

Etapas del ciclo biológico que conocen los productores. El barrenador del tejocote tiene un ciclo biológico comprendido por cuatro etapas, las cuales son huevo, larva (diferentes instar), pupa y adulto. De estos estados los productores de las localidades que comprendieron la investigación conocen la larva (28.8%) seguido de la larva (20.8%) y adulto y del adulto (12.8%), además que el 26.4% no conoce ninguna etapa biológica (Fig. 21), solo saben que este barrenador les provoca daños en su cosecha final. El estado de larva daña el 42.7% de los frutos en desarrollo en los meses de octubre a diciembre. Esto los productores lo relacionan así porque es en el momento en el que cosechan y es cuando en realidad se dan cuenta de los daños que provocan las larvas del barrenador a los frutos.

En el estado de adulto el barrenador daña un 38.4% de los frutos durante su desarrollo y madurez, en los meses de abril a julio, lo que coincide con los datos tomados en campo de la fluctuación poblacional del barrenador.

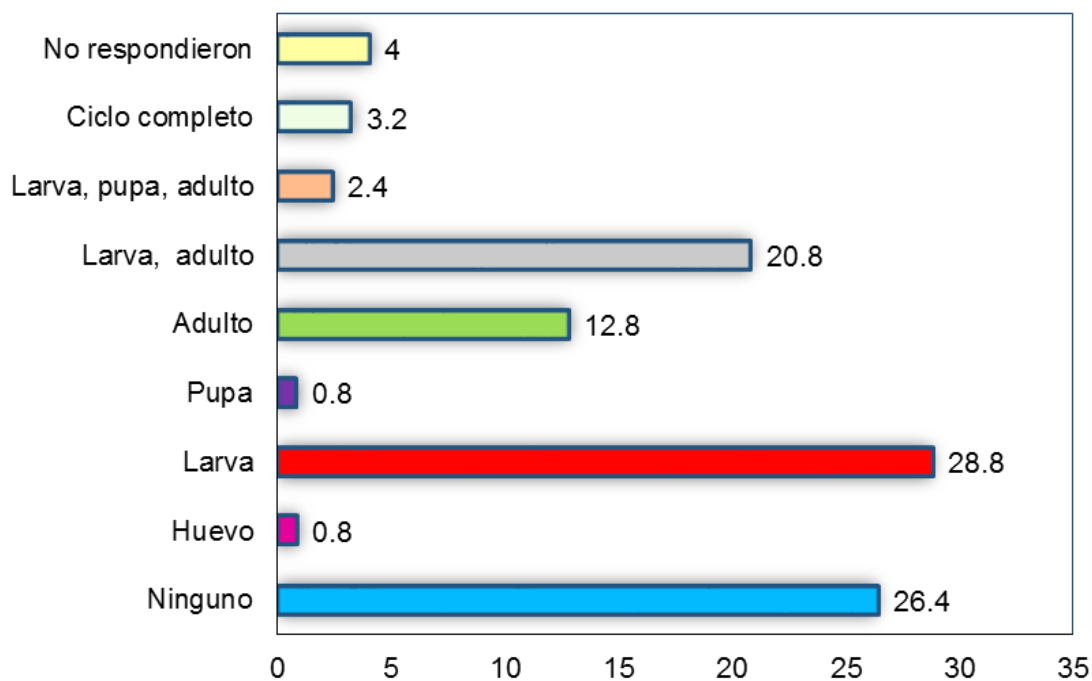


Figura 21. Etapas del ciclo biológico del barrenador conocidas por los productores de tejocote

Insecticidas utilizados por los productores en el manejo del barrenador del tejocote. Existen diversos insecticidas por lo que, se clasifican de diferente manera. Para poder resumir la información colectada por las entrevistas a los productores se hizo la siguiente clasificación, los insecticidas pertenecientes al grupo de los piretroides son los más utilizados por los productores (25.6%), destacando la Cipermetrina® y sus derivados, Karate®, Maton®, Dragon®, Giro®, entre otros. El 22.4% son insecticidas organofosforados como: Foley®, Diazinon®, Malatión®, entre otros. Algunos otros productores mezclan o intercalan los insecticidas organofosforados y los piretroides (16.8%). El 1.6% de los productores utiliza el Spinosad (GF-120) un insecticida de origen natural, recomendado principalmente por técnicos del CESAVER. El 25.6% no utiliza insecticidas para fumigar sus tejocotes (Fig. 22).

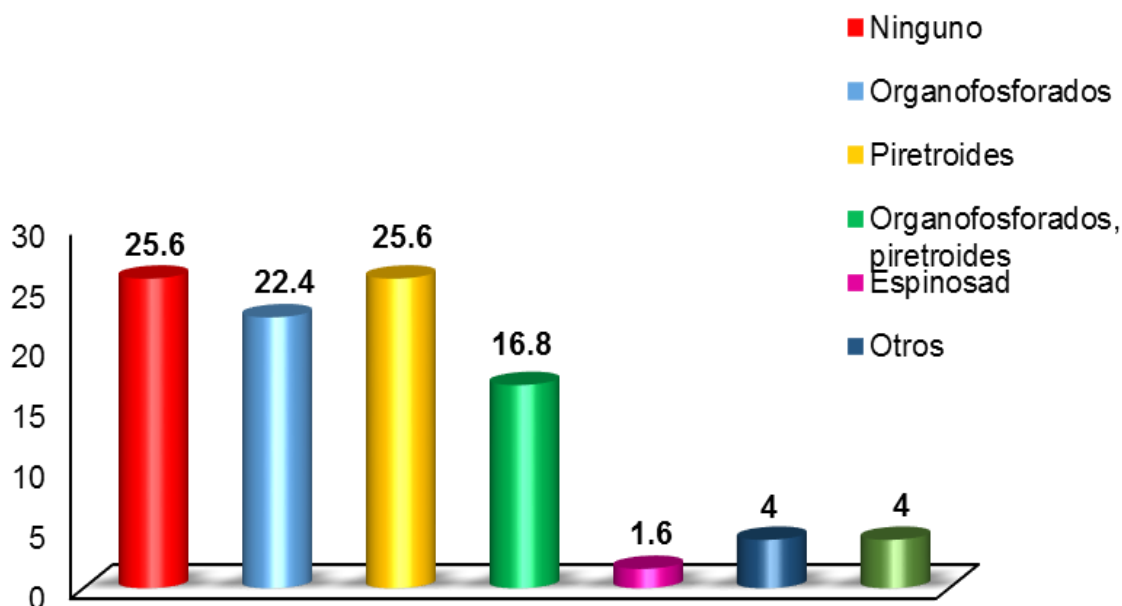


Figura 22. Insecticidas utilizados en el manejo del barrenador del tejocote

El 68% de los productores utiliza protección cuando fumiga sus tejocotes y realizan esta actividad principalmente por las mañanas para evitar intoxicaciones o algún malestar. El cubrebocas es la protección que más destaca en los productores con un 22.4%, algunos otros lo que más llegan a utilizar es

cubrebocas y gafas con una frecuencia de 21.6% y solamente el 13.6% utiliza el traje ampliamente recomendado por los técnicos del CESAVERP. El 63% de los productores aplica él mismo el insecticida a sus árboles.

Al aplicar los insecticidas el 87.2% de los productores dijo no haber sufrido ninguna intoxicación, el 11.2% sí presentó algún malestar, aunque no exactamente intoxicación como tal (Fig. 23). Dentro de los síntomas destacados fueron los problemas respiratorios y gastrointestinales. Aunque al entrevistar a los productores que respondieron que no se han intoxicado, algunos comentaron solo tener algunos malestares como: dolores de cabeza y el vómito principalmente, pero ellos no lo están relacionando con los insecticidas.

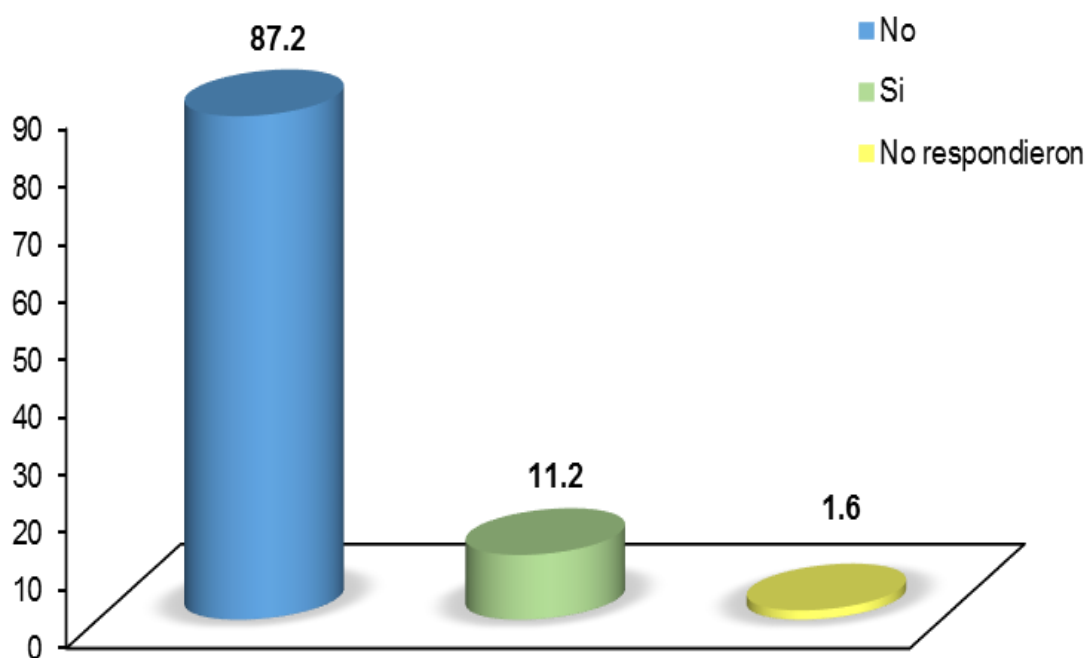


Figura 23. Personas intoxicadas por aplicar algún insecticida para el control del barrenador

El 29.6% de los productores han observado que sus tejocotes también han sido atacados por plagas como: la mosca de la fruta (*Rhagoletis pomonella*), Frailecillo

(*Macrodactylus mexicanus*), araña roja (*Tetranychus urticae*), barrenadores de ramas (Coleoptera: Curculionidae), salivazo (Hemiptera: Cercopidae), chapulín (Orthoptera: Tettigoniidae), escama de San José (Hemiptera: Diaspididae) y algunos defoliadores de ramas (Lepidoptera: Saturnidae). El 36% de los productores detectaron que sus árboles de tejocote presentan otras plagas aparte de la roya (*Gymnosporangium clavipes*), cenicilla (Erysiphales: Erysiphaceae), tizón de fuego (Pleosporales: Pleosporaceae), roña (Myriangiales: Elsinoaceae), tiro de munición (Capnodiales: Mycosphaerellaceae), antracnosis (Glomerellales: Glomerellaceae) y goma (Peronosporales: Peronosporaceae).

Algunos productores conocen **plantas medicinales** que se encuentran en su localidad, aunque no las utilizan aún para el control de plagas y/o enfermedades. En la figura 24 se observa que el 68.8% de los productores no conocen plantas medicinales, mientras que el 31.2% sí las conocen, entre ellas se encuentran: árnica, tejocote, ciruela, capulín, gordolobo, entre otros. Solamente el 6.4% de los productores de tejocote tienen conocimiento de algunos usos medicinales y en el control de insectos, algunos de estos productores tienen conocidos que sí están utilizando plantas como insecticidas. Sin embargo, el 86.4% de los productores no ha tenido conocimiento de casos de envenenamiento por plantas medicinales, a los animales que salen a pastar en sus localidades.

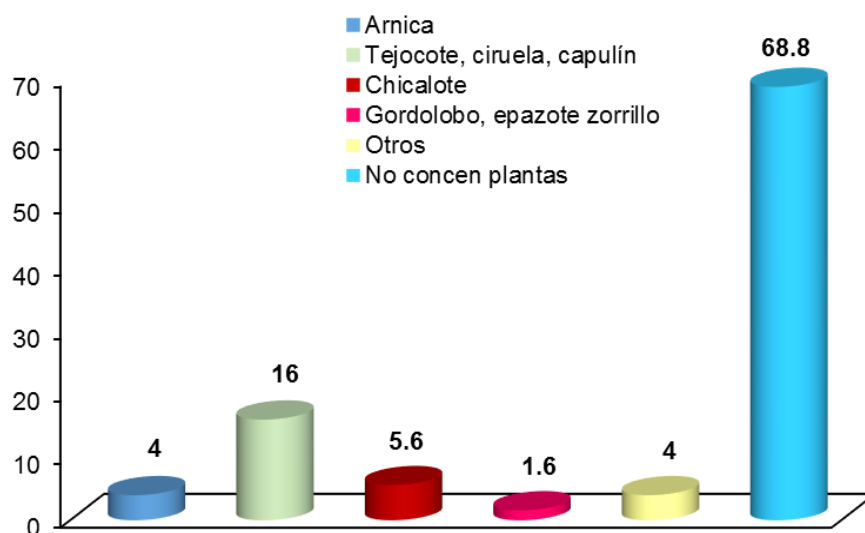


Figura 24. Plantas medicinales que conocen los productores de tejocote

Organización y Asistencia técnica

La mayoría de los productores de tejocote no pertenece a alguna organización (81%), solamente se está organizando el 19% de los productores encuestados (Fig. 25). El motivo de su organización se debe a que desean asesoría técnica sobre el manejo del tejocote y el control de plagas; así como, apoyo del gobierno para poder tener un producto final con la calidad que el mercado requiere. Dentro de las instituciones que apoyan se encuentra principalmente el CESAVEP, quien proporciona asesoría técnica sin costo, cada mes y un descuento del 50% en el costo de los insecticidas que se utilizan para los frutales. Otra institución que destaca es el Colegio de Postgraduados *Campus Puebla* con asesoría técnica por parte de sus investigadores; generalmente, cada ocho días y en algunas ocasiones con fertilizantes o herramientas que ayudan a los productores. La SAGARPA, y SDR, proporcionan asesoría técnica con los expertos, pero sus asesorías son esporádicas. Ninguna de las instituciones antes mencionadas solicita un pago por las asesorías que proporcionan. Algunos productores comparten información sobre el manejo del cultivo o del barrenador principalmente.

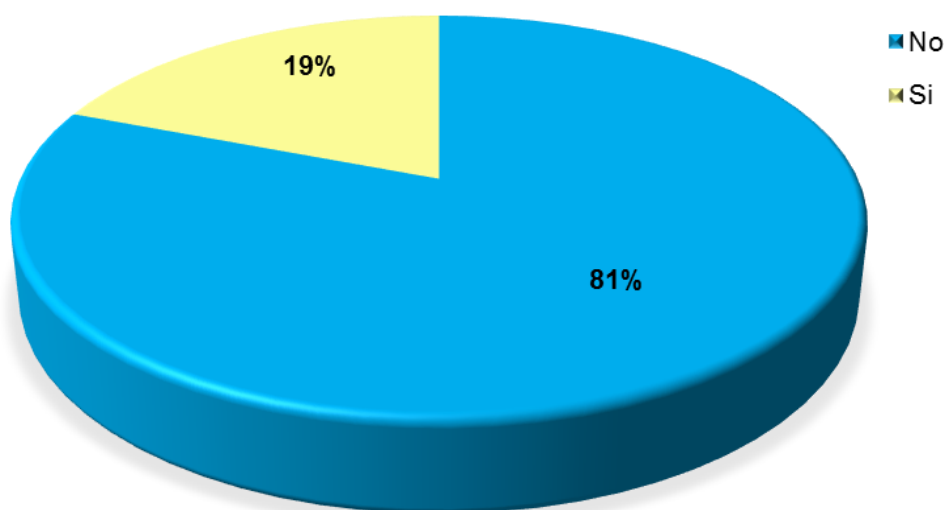


Figura 25. Productores que pertenecen a organizaciones de tejocote

Producción y comercialización

La cosecha del tejocote se inicia en el mes de septiembre debido a que algunos productores realizan el corte en verde para venderlo por kilo principalmente a la industria que se dedica a elaborar el “chamoy”, (dulce agrídulce picante). Generalmente los productores tardan dos meses para realizar el corte del tejocote, el 49.6% realiza el corte en diciembre y enero, comentan los productores que diciembre es el mes en que cosechan la mayoría, dejando algunos frutos aún para enero. Aunque algunos otros productores (22.4%) empiezan a hacer el corte conforme su tejocote va madurando o según convenga el precio del mercado (Fig. 26).

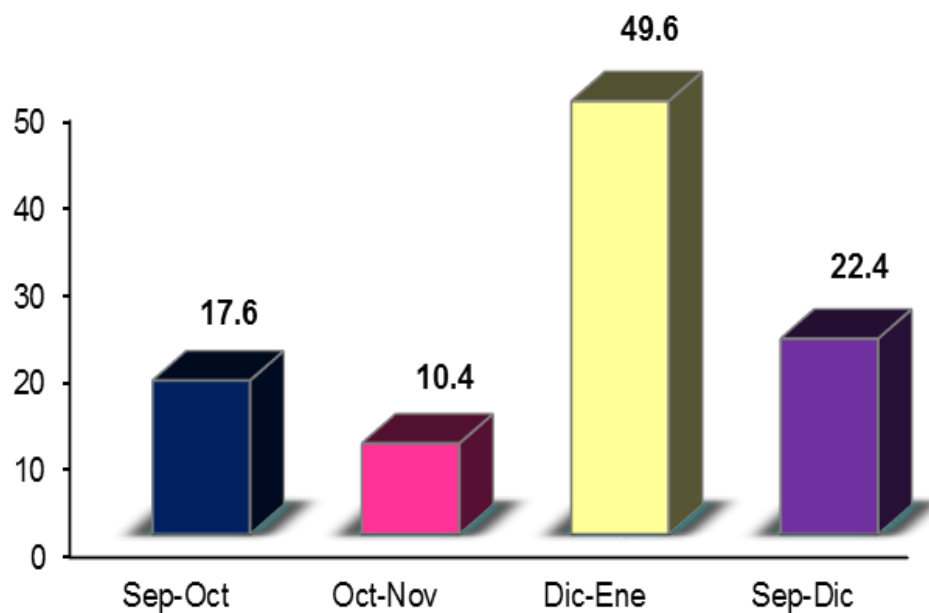


Figura 26. Meses de cosecha del tejocote por parte de los productores

La producción total de cajas de tejocote que el productor cosecha cada año obedece a factores diversos, el más importante es el número de árboles que tenga y la superficie en la que tiene los árboles, en la cosecha del año 2014 hubo un

mínimo de cero cajas y un máximo de cinco mil cajas. Con una moda de 150 cajas por productor.

Para la venta del tejocote los productores lo clasifican, otros no lo clasifican y otros lo clasifican y además lo venden verde (por kilo). Principalmente lo venden a los intermediarios (53.6%), los cuales llegan hasta su casa por el producto; algunos otros productores lo llevan al mercado o central de abastos (23.2%) ya sea en Puebla o en el estado de México (Fig. 27).

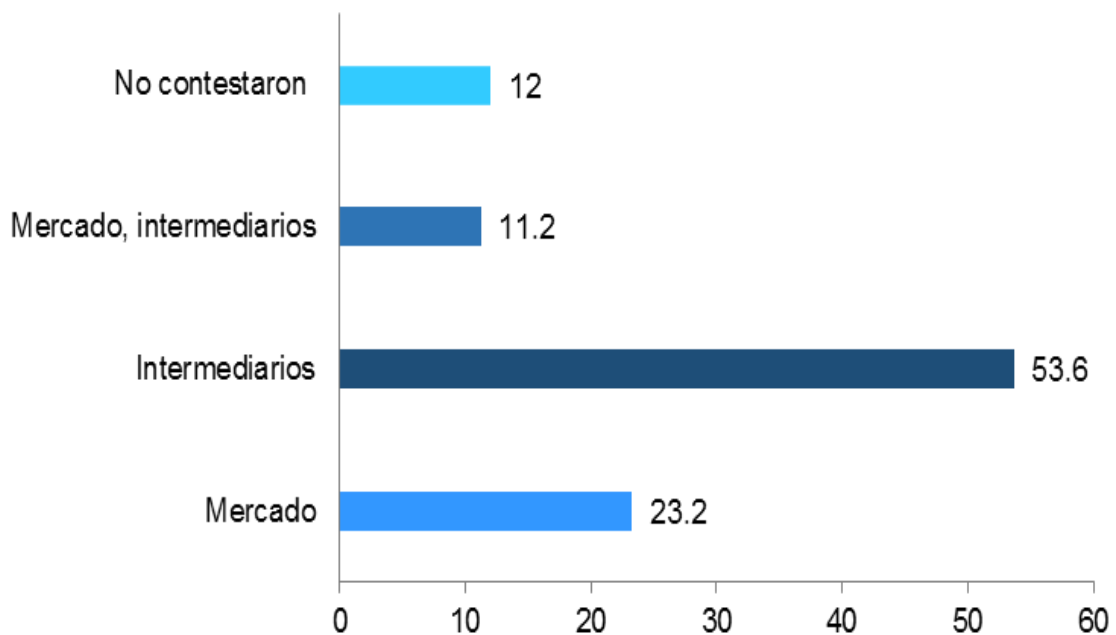


Figura 27. Lugar de venta del tejocote por parte de los productores

El transporte del tejocote, del terreno a su casa lo realizan por medio de sus camionetas o carros, en burro o algunas ocasiones pagan a alguna otra persona para que realice el traslado. De la casa del productor al mercado generalmente lo llevan en el transporte vehículos.

Con respecto al precio de venta del tejocote el 51.2% de los productores lo considera regular, el 27.2% lo considera nada bueno (Fig. 28), a lo que atribuyen

factores como: la baja calidad principalmente, porque no es redituable, por la falta de mercado para ir a venderlo o porque en algún momento se satura el mercado y también porque los intermediarios pagan muy poco. La mayoría de los productores vende la mayor cantidad de cajas que cosecha, el precio por caja en promedio el año 2014 estuvo en \$ 60 pesos. El 10% de los productores encuestados realiza alguna transformación al tejocote, principalmente en almíbar, pero únicamente para autoconsumo.

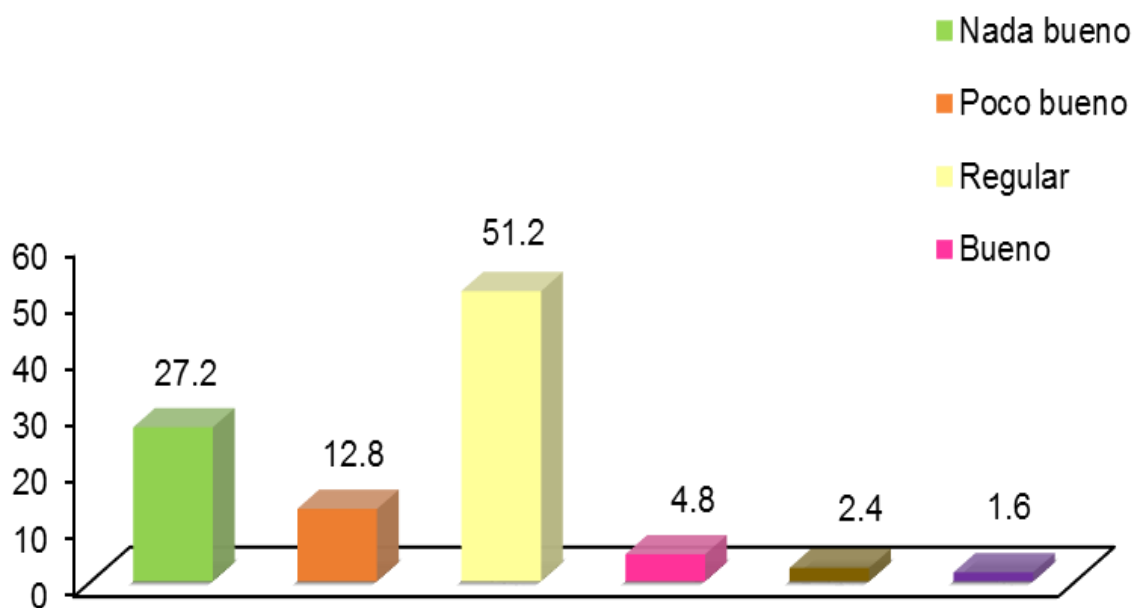


Figura 28. Consideración del precio del tejocote por parte de los productores

Costo por mes y actividad al tejocote

En el cuadro 8 se realizó un estimado de los jornales según las actividades deducidas de los resultados de las encuestas a los productores de tejocote en el año 2015. Durante el año 2014 se realizaron las actividades de podar, encalar, limpiar, fumigar, fertilizar y cosechar el fruto, el total de los jornales utilizados fue de 42, con un costo de \$6,800.00. La generación de esta información, fue por medio de los datos obtenidos de la moda de los árboles de tejocote, 50 por

productor. Las actividades las realiza generalmente el productor y un jornalero, en este caso se está tomando en cuenta el pago del jornalero y del productor. Cuando los productores ocupan jornaleros para fumigar el costo es de \$200 por jornalero¹.

Cuadro 8. Costos de los jornales de las principales labores culturales y prácticas de manejo aplicadas al tejocote en un año

Mes	Actividad	Jornales	Costo Jornal (\$)	Costo total (\$)
Enero	Podar, encalar, limpiar ¹	2	150	300
Febrero	Podar, encalar, limpiar	2	150	300
Marzo	Fumigar, fertilizar	2	150	300
Abril	Fumigar, fertilizar	2	200	400
Mayo	Fumigar	2	200	400
Junio	Fumigar	2	150	300
Julio	Fumigar, fertilizar	2	150	300
Agosto	Fumigar, fertilizar	2	150	300
Septiembre	Cosecha en verde	7	150	1050
Octubre	Cosecha fruto precoz	7	150	1050
Noviembre	Cosecha plena producción	7	150	1050
Diciembre	Cosecha finaliza	7	150	1050
Total		42		6800

Fuente: Datos obtenidos de las encuestas a productores tomando en cuenta la moda de 50 árboles por productor de tejocote, sin importar la superficie. n=125 productores, P≤0.02

En el cuadro 9 se proporcionan los costos de las diferentes actividades que los productores realizan al tejocote. Sobresalen la fertilización, fumigación y transporte del tejocote. Con un promedio total contemplando, las actividades y los jornales; con un costo de \$14,360.12. Gasto que en promedio están realizando los

¹ Jornalero, es la persona que realiza diversas actividades al tejocote y son ocupados por los productores de tejocote, cobrando en promedio (año 2014) \$150 por día, sin importar la actividad que realicen, podar, limpiar, etc., a excepción de algunos otros que cobran \$200 en promedio por realizar la fumigación.

productores por las actividades que realizan al tejocote (2014). Obteniendo un ingreso promedio de \$28,775.04, con una utilidad promedio de \$14,297.03 y una Relación Beneficio-Costo de 2.3.

Cuadro 9. Costo total promedio de las actividades para la producción de tejocote (2014), en el área de estudio

Concepto	Costos
Total de jornales	8213.28
Fertilizar	3887.72
Fumigar	1321.20
Transporte	937.92
Costo total	14360.12

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos de la encuesta aplicada a los productores n=125, P≤0.02

Debido a lo anterior, se puede decir que la cosecha de tejocote proporciona un beneficio de dos veces lo invertido en los gastos que el productor realiza; es decir, su ingreso es el doble del costo que está invirtiendo. Por lo tanto, a pesar de tener daños en el tejocote los productores están teniendo un beneficio en el ingreso de la producción, cabe mencionar que, con un manejo del tejocote y un control adecuado del barrenador, los ingresos de los productores probablemente sean mayores.

Regresión Logística Binaria

Para el análisis de regresión logística, el bloque 0 indica que hay un 52% de probabilidad de acierto en el resultado de la variable dependiente, asumiendo que los productores de tejocote de la Sierra Nevada de Puebla sí realizan actividades al tejocote. Para la bondad de ajuste del modelo, las pruebas de ómnibus de coeficientes del modelo para el bloque 1, la puntuación de eficiencia estadística de

ROA indica que hay una mejora significativa en la predicción de la probabilidad de ocurrencia de las variables dependientes (Chi cuadrado 37.188; gl: 12; $p < 0.001$). El valor de R cuadrado de Naglekerke indica que el modelo propuesto explica el 35.8% de la varianza de la variable dependiente (0.358). Para el análisis de regresión logística el bloque 1 indica que hay un 69.7% de probabilidad de acierto en el resultado de la variable dependiente, cuando se conocen los daños, la relación beneficio costo y la superficie.

Modelo de Regresión Logística Binaria:

Manejo del tejocote = 0.888 – 0.029 Daños – 0.510 Relación Beneficio-Costo + 0.987 superficie

La puntuación de Wald para el modelo probado indica que las variables independientes aportan significativamente a la predicción de la variable dependiente. Los resultados obtenidos se pueden generalizar a la población de productores de tejocote (Daños: Wald 8.896; gl: 1; $p < 0.003$; Relación Beneficio-Costo: Wald 5.906; gl: 1; $p < 0.015$; Superficie: Wald 5.665; gl: 1; $p < 0.017$). Por lo tanto, el modelo indica que los daños en el tejocote están incrementando porque los productores no realizan labores al tejocote. En el caso de la Relación Beneficio-Costo este disminuye si los productores no realizan actividades a sus árboles frutales. La variable independiente, superficie indica que al tener mayor área se tendrán más árboles, debido a esto se realizarán más actividades, motivo por el cual habrá una mayor producción que implica un incremento en el rendimiento por hectárea, lo que mejora los ingresos y la utilidad a los productores de los municipios pertenecientes a la Sierra Nevada de Puebla.

Conclusiones

La falta de información ecológica, fenológica (tejocote), biológica (barrenador) y tecnológica tanto del barrenador como del tejocote es determinante para que los productores de la Sierra Nevada de Puebla mejoren el manejo del frutal y un

control de las plagas y enfermedades que presenta el tejocote. Aunado a ello se presentan las diversas actividades socioeconómicas que favorecen la incidencia de *C. crataegi*. Aunque con respecto a los costos, incorporar prácticas de manejo probablemente incrementaría sus ingresos.

Literatura citada

- AGUILAR M. J. J.; MUÑOZ P. R. B. 2006. Como podar frutales caducifolios. Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S. C. Coatepec Harinas, México. 33 p.
- BAHENA D. G.; TORNERO C. M. A. 2009. Diagnóstico de las unidades de producción familiar en pequeña irrigación en la subcuenca del río Yautepec, Morelos. *Economía, Sociedad y Territorio*. 9(29): 165-184.
- BERTALANFFY L. V. 2004. Teoría general de los sistemas. Fundamentos, desarrollo, aplicaciones. Fondo de cultura Económica. México. 308 p.
- BLALOCK H. M. 1986. Estadística social. Fondo de Cultura Económica. México. 610 p.
- COCHRAN W. G. 1974. Técnicas de muestreo. Compañía Editorial Continental, S. A. (CECSA). México. 507 p.
- DI RIENZO J. A.; CASANOVES F.; GONZALEZ L. A. 2009. Estadística para las ciencias agropecuarias. Argentina. Editorial Brujas. ProQuest ebrary.
- ESPÍNDOLA B. MA DE LA C.; ELÍAS R. R. D.; AGUILAR M. J. J.; CAMPOS R. E. 2009. Guía técnica para la producción de durazno en la región sur del estado de México. Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S.C. Coatepec Harinas, México. 74 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2016. El pacto mundial contra las plagas de las plantas conmemora sus 60 años de actividades. 2 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2014. Agricultura sostenible. 14 temas. Post-2015 y los Objetivos de

- Desarrollo Sostenible. Alimentar a las personas, nutrir al planeta. Informe temático. 2 p.
- FAO-IFA (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y la Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes). Los fertilizantes y su uso. 2002. Los fertilizantes y su uso. Una guía de bolsillo para los oficiales de extensión. Roma. 77 p.
- FIGUEROA B. R. 2011. Incidencia del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* Smit en Ocoyucan, Puebla y actividad bioinsecticida de semillas de *Carica papaya* L. y *Trichilia havanensis* Jacq. Tesis de Doctorado en Ciencias en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. 195 p.
- GRATACÓS N. E. El cultivo del duraznero *Prunus persica* (L.) Batsch. Apuntes para la Cátedra de Fruticultura de Hoja Caduca. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. Chile. 108 p.
- MUÑIZ M. M.; CIBRIÁN T. J.; NIETO A. R. 2012. Fuentes de atracción y preferencia de oviposición de *Conotrachelus crataegi* Walsh (Coleoptera: Curculionidae) en *Crataegus* spp. (Rosaceae: Maloideae). Revista Chapingo, Serie Horticultura. 18(1):21-37.
- NIETO L. E.H. 2014. Identificación y epidemiología de la roya del tejocote (*Crataegus* spp.) – Enebro (*Juniperus* spp.) en el Eje Neovolcánico, Pue. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 94 p.
- SCALONE E. M. S/F. El enfoque de sistemas, sistemas de producción agropecuarios, sistemas agrarios regionales. Instituto de Agrimensura. Montevideo, Uruguay. 35 p.
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2014. Producción Agrícola. Estado de Puebla. Ciclo: Cíclicos y perennes. Modalidad: Riego + Temporal. Tejocote. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/por-estado> [Fecha revisión: 11 junio 2016].
- UNITED NATIONS. 2015. World Population Prospects: The 2015 Revision, Key Findings and Advance Tables. Working Paper No. ESA/P/WP.241.

Department of Economic and Social Affairs, Population Division. New York. 59 p.

VIDAL H. L.; LÓPEZ M. H.; VIDAL M. N. A.; RUIZ B. R.; CASTILLO R. D. G.; CHIQUITO C. R. G. 2014. La situación de las Annonaceae en México: principales plagas, enfermedades y su control. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 36(1): 44-54.

5.3. Propuesta de manejo sustentable del tejocote de la Sierra Nevada de Puebla

MARTHA LILIA ROSAS-ALFARO, ARTURO HUERTA-DE LA PEÑA, ANDRÉS PÉREZ MAGAÑA, JUAN MORALES-JIMÉNEZ, JESÚS FRANCISCO LÓPEZ OLGUÍN, LUIS RICARDO HERNÁNDEZ

Resumen

Actualmente en México, se le ha dado mayor auge al tejocote por el valor económico que ha venido desarrollando a través de los años; aunado a esto la nueva apertura del mercado de Estados Unidos de América. Es un árbol caducifolio que tiene diversos usos, el más importante para consumo humano. Motivo por el cual, surge la necesidad de conocer el manejo del frutal, así como la principal plaga que afecta drásticamente al fruto. En los municipios de la Sierra Nevada de Puebla, se cosecha el 95% de la producción nacional. Con base en una encuesta empleada a 125 productores de tejocote de los municipios de Calpan, Domingo Arenas y Huejotzingo, recorridos de campo y reuniones con productores se determinó que la principal plaga del tejocote es el barrenador del fruto. Motivo por el cual se diseñó una estrategia en función del manejo del tejocote y el control del barrenador. Con la finalidad de apoyar a los productores en su manejo y cosechar un producto de mayor calidad.

Palabras clave: Rosaceae. *Crataegus*. *Conotrachelus crataegi*. Agroecología.

Introducción

El tejocote es un árbol originario de México, comúnmente se conoce como tejocote, que se deriva del náhuatl (Simeón, 1997; CONABIO, 2015). *Crataegus mexicana* Moc & Sessé, 1825 (Rosales: Rosaceae) tiene una amplia distribución desde Centroamérica hasta Ecuador (Núñez *et al.*, 2008). Es un árbol espinoso de

5 a 10 m de altura, las hojas son anchas en la parte media y en los extremos angostas, de color verde oscuro en el haz y verde pálido en el envés, con borde dentado. Las flores son en forma de umbelas y pueden ser de color blanco o amarillo (Pérez *et al.*, 2008).

Tiene amplia importancia económica, social, cultural y ecológica, sobre todo en la parte central del país donde se ubican las áreas tradicionalmente productoras (Borys, 1989; Resina, 2013). Se usa como planta de ornato (Borys y Leszczyńska, 1994; Núñez *et al.*, 2012), con su madera se fabrican diferentes artesanías (Pérez *et al.*, 2008). El fruto es utilizado para alimentar ganado en forma de forraje (Hanelt, 2001) o puede ser consumido por los seres humanos como fruta de temporada, en conservas, ates, entre otros. El cocimiento de los frutos se recomienda para la tos, la raíz y la corteza como astringente y diurético (Latorre y Latorre 1977; Núñez, 2009; Edwards *et al.*, 2012). Es una fruta invernal utilizada en la elaboración de una bebida tradicional conocida como “ponche” en México. La pectina del tejocote se utiliza como gelificante en jaleas y mermeladas (Pedroza *et al.*, 1995; Beli *et al.*, 1997).

El tejocote presenta diversos problemas fitosanitarios actualmente la plaga que afecta la producción de esta fruta es el barrenador del tejocote (*Conotrachelus crataegi*). Escasos son los estudios del barrenador en el tejocote; sin embargo, en Estados Unidos de América, daña al fruto del membrillo haciendo nudos y deformando los frutos, por lo que se considera una plaga muy destructiva. Los daños son ocasionados principalmente por el estado de larva y adulto. El picudo pasa el invierno como larva, enterrándose de 5-8 cm por debajo de la superficie del suelo. La pupación tiene lugar en la primavera, los adultos emergen de la tierra en junio y julio y se alimentan de la fruta y en cierta medida de las hojas. Las hembras excavan pozos en la fruta y depositan un huevo en cada hoyo. Las larvas consumen alrededor de la mitad de la pulpa antes de caer al suelo entre agosto, septiembre y octubre. Hay una generación en un año y el insecto puede pasar de 7-11 meses en el suelo. La emergencia de adultos es en el verano, por lo general

en la segunda semana de julio. Estos escarabajos de color gris pardusco son de aproximadamente 6.35 mm de largo. Las hembras ovipositan solo un huevo por fruta, este eclosiona de 7-10 días. Los adultos pueden ser controlados en los árboles frutales por medio de aplicaciones de fosmet, este es uno de los compuestos registrados, para su uso contra esta plaga (Frederick, 1942; Douglas y Cowles, 2011). Mientras que labores culturales como el barbecho, poda y recolección de frutos dañados pueden romper el ciclo biológico, evitando que el insecto llegue a completar los instar larvarios y por lo tanto pase a las siguientes etapas para llegar a la de adulto. Debido a que estas dos fases del desarrollo del insecto son las perjudiciales para el tejocote.

Existen diferentes enfoques para tratar de solucionar problemas; por lo que, el enfoque de sistemas dice que un sistema es una compleja interacción de elementos, es decir; es un conjunto de objetos unidos por alguna forma de interacción, constituido de partes interdependientes denominadas subsistemas que funcionan juntas, siendo esta la evidencia de que un sistema no es una suma de elementos, sino un conjunto de elementos interrelacionados (Bertalanffy, 2004).

Dentro del sistema se encuentra el ecosistema que es el conjunto de especies que interactúan entre ellas y con su ambiente abiótico, son específicas de un área, las interacciones se realizan a través de procesos como la depredación, parasitismo, competencia y simbiosis. Otra manera de relacionarse con su ambiente es mediante la desintegración, proceso que permite ser parte del ciclo de energía y nutrientes. Las bacterias, hongos, plantas y animales son especies del ecosistema que dependen unas de otras. El flujo de materia y energía del ecosistema se da por el vínculo entre las especies y su medio ambiente natural (CONABIO, 2016).

El agroecosistema, como una unidad del sistema donde interviene la mano del hombre con la finalidad de obtener el alimento que consume; incluye suelos, agua, clima, cultivos, malezas, plagas, enfermedades y el hombre que lo maneja, las

variaciones en este sistema las provocan sobre todo la naturaleza o características del medio ambiente tanto natural como social en el que se desarrolla el cultivo, las plantas huésped y las especies de artrópodos que están presentes, los límites de espacio y tiempo, y la distribución de una especie en un área de cultivo. Hasta cierto punto, estos sistemas son artificiales, pero de naturaleza dinámica. La causa de la artificialidad es la homogeneidad del cultivo, mientras que la regularidad y uniformidad de los métodos de manejo originan la estabilidad. Algunas veces la planta huésped y los componentes del suelo-subsuelo pueden limitar el crecimiento de las poblaciones de insectos invasores, y algunos factores de mortalidad, extrínsecos e intrínsecos a las poblaciones, a veces pueden restringir el número de insectos nocivos. Por lo general los agroecosistemas contienen unas cuantas especies comunes o importantes y numerosas especies raras o menores. El estudio del brote de una plaga en un agroecosistema es el estudio de una especie de insecto destructor con respecto a los factores naturales de regulación, o a los factores creados por el hombre sobre puestos a los naturales, y esto constituye un estudio de los componentes variables del sistema en tales condiciones (NAS, 1978; Hart, 1979; Gliessman, 2002).

En el manejo de un agroecosistema es fundamental crear estrategias que coadyuven al desarrollo de manera sustentable. Una estrategia es “el patrón o plan que integra las principales metas y políticas de una organización, y a la vez establece la secuencia coherente de las acciones a realizar” (Quinn, 1991). Particularmente, una estrategia es una serie de pasos que deben ser ordenados cronológicamente, bien diseñados y con un objetivo claro; también, debe haber flexibilidad, para poder cambiar el rumbo dependiendo de las circunstancias en que se esté desarrollando esta estrategia. Por lo tanto, esta investigación tiene como objetivo la reconstrucción de la estrategia de manejo del barrenador del tejocote que despliegan los productores para a partir de esta proponer los elementos de una propuesta de manejo sustentable del barrenador del tejocote tomando como unidad de análisis el agroecosistema del tejocote en la Sierra Nevada de Puebla.

Materiales y métodos

Localización del área de estudio

La georreferenciación de los municipios de la investigación pertenecientes a la Sierra Nevada de Puebla es la siguiente: San Andrés Calpan (19°06'36" y 19°41'12" de latitud norte y los meridianos 98°23'54" y 98°32'24" de longitud occidental), Domingo Arenas (19°06'36" y 19°08'48" de latitud norte y los meridianos 98°26'24" y 98°28'24" de longitud occidental) y Huejotzingo (19°13'32" y 19°06'36" de latitud norte y los meridianos 98°20'18" y 98°39'00" de longitud occidental). Teniendo los siguientes intervalos de altitudes, temperaturas y precipitaciones: Calpan 2,200 y 3,200 msnm. Temperaturas de 8-16°C, y precipitaciones de 900-1,100 mm. Domingo Arenas 2,300 y 2,460 msnm. Temperaturas de 12-16°C y precipitaciones de 1,100-1,300 mm. Huejotzingo 2,180 y 5,100 m. Temperaturas de 2-16°C. Precipitaciones de 900-1,100 mm (INEGI, 2009). En estos tres municipios se realizaron las encuestas en 10 localidades distribuidas de la siguiente manera: Calpan, con dos localidades, San Andrés Calpan y San Lucas Atzala; Domingo Arenas con dos localidades, Domingo Arenas y Chahuac; y el municipio de Huejotzingo con seis localidades, Huejotzingo, Santa María Nepopualco, San Miguel Tianguizolco, San Juan Pancoac, Santa María Atexcac y San Diego Buenavista.

Recorridos e inspección del área de estudio

Durante el año 2012 y 2013 se acudió a los municipios del área de estudio a realizar recorridos de campo en las parcelas con plantaciones de tejocote con los técnicos del Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Puebla (CESAVEP), sobre todo, en los lugares que el comité tenía conocimiento que eran de mayor prevalencia del barrenador del tejocote. Además, se realizaron pláticas informales con productores "in situ" para tener conocimiento del manejo del tejocote.

Determinación del tamaño de muestra y diseño de encuesta

Se realizó un muestreo simple aleatorio con varianza máxima, con una confiabilidad de 98% y una precisión de 10% (Cochran, 1971). Aplicándose la encuesta en los meses de febrero a septiembre del año 2015, en las diez localidades pertenecientes a los tres municipios del área de estudio. Se diseñó una encuesta (Anexo 2) que posteriormente se aplicó a los productores de tejocote de las diez localidades donde se realizó la investigación. Por lo tanto, se entrevistaron a 125 productores de tejocote, teniendo como única condición tener un mínimo de 10 árboles.

Construcción del árbol de problemas

El árbol de problemas es una metodología que se utiliza en la preparación de proyectos o programas, además que ayuda a estructurar el proyecto de modo que exista “lógica vertical” dentro del mismo; también, ayuda a la definición de indicadores, en programas existentes es útil para un análisis crítico. Consiste en identificar el problema principal, examinar los efectos que provoca el problema, identificar las causas del problema, establecer la situación deseada (objetivo), identificar medios para la solución, definir acciones y configurar alternativas (ILPES, 2004).

Referentes de la propuesta de manejo del barrenador bajo el concepto de agroecosistema

Para estructurar la propuesta de manejo del barrenador, se tomó como base el conocimiento campesino a partir de los resultados que arrojaron las encuestas realizadas a los productores de tejocote de los tres municipios; la información captada en los recorridos de campo en los años 2012 y 2013; y la información científica existente con respecto al manejo del frutal y al control del barrenador del tejocote.

Resultados y Discusión

Inspección del área de estudio

En los años 2012 y 2013 se realizaron nueve recorridos en huertos de San Andrés Calpan, Domingo Arenas y Huejotzingo. Aunado a ellos se vinculó con productores visitando específicamente un total de 20 huertos, que en el decir de los productores eran los de mayor incidencia de barrenador.

Identificación y construcción del árbol de problemas

Para el análisis del problema se encontró que solamente el 3.2% de los productores conocen el ciclo completo del barrenador (huevo, larva, pupa y adulto), el 26.4% no conocen ninguna etapa del ciclo biológico y a pesar de ello lo están “controlando” bajo el supuesto de que sus acciones tendrán buen resultado. Lo que provoca que el productor realice control en el tiempo que el barrenador no se encuentra presente (60.8%); aunado a esto se incrementan los gastos de producción por la aplicación de insumos sin ser necesarios. Además, el 84% dijo que el barrenador daña el fruto, el 4% dice que daña el hueso; por lo observado en laboratorio, *C. crataegi* barrena la pulpa para encontrar el hueso y consumirlo, al ya no haber hueso en el fruto entonces las larvas comen la pulpa que se encuentra alrededor del hueso consumido, encontrando como máximo tres larvas por fruto de diferente instar, por lo que se plantea la hipótesis de que tales larvas fueron ovipositadas por diferentes hembras. El 72.8% de los productores dijo que el barrenador provoca hasta el 50% de pérdidas en la producción final en el año 2014; debido a esto los productores tienen baja calidad en el producto que cosechan.

Los productores de tejocote de los municipios de Calpan, Domingo Arenas y Huejotzingo coinciden tanto en el cuestionario como en los recorridos de campo y las reuniones en identificar como principal problema la alta incidencia del barrenador del fruto (*Conotrachelus crataegi*). Al mismo tiempo, a partir de la

encuesta, se encontró que identifican como causas principales de la incidencia el desconocimiento de la identificación del barrenador en campo, la biología, los daños que causan, las técnicas de control y la inconsistencia de las prácticas de manejo que realizan. Así también, estas causas pueden estar siendo potenciadas por distintos problemas ambientales y sociales presentes en el agroecosistema, situaciones que agravan el problema. Reconocen además que estas causas tienen varios efectos, los cuales señalan como la baja producción de tejocote, baja calidad del fruto, altos costos de producción, baja rentabilidad y desinterés por realizar prácticas de manejo al frutal. Lo que viene a provocar bajos ingresos para los productores de tejocote (Fig. 29).



Figura 29. Árbol de problemas de la incidencia del barrenador del tejocote en tres municipios de la Sierra Nevada de Puebla

Debido a la identificación de inconsistencias en las prácticas de manejo del tejacote se considera oportuno proponer el abordaje del problema del barrenador bajo un enfoque Agroecológico, con la finalidad de hacer un manejo del tejacote y un control del barrenador más holístico, lo cual permite atenderlo desde el concepto de agroecosistema (Fig. 30).

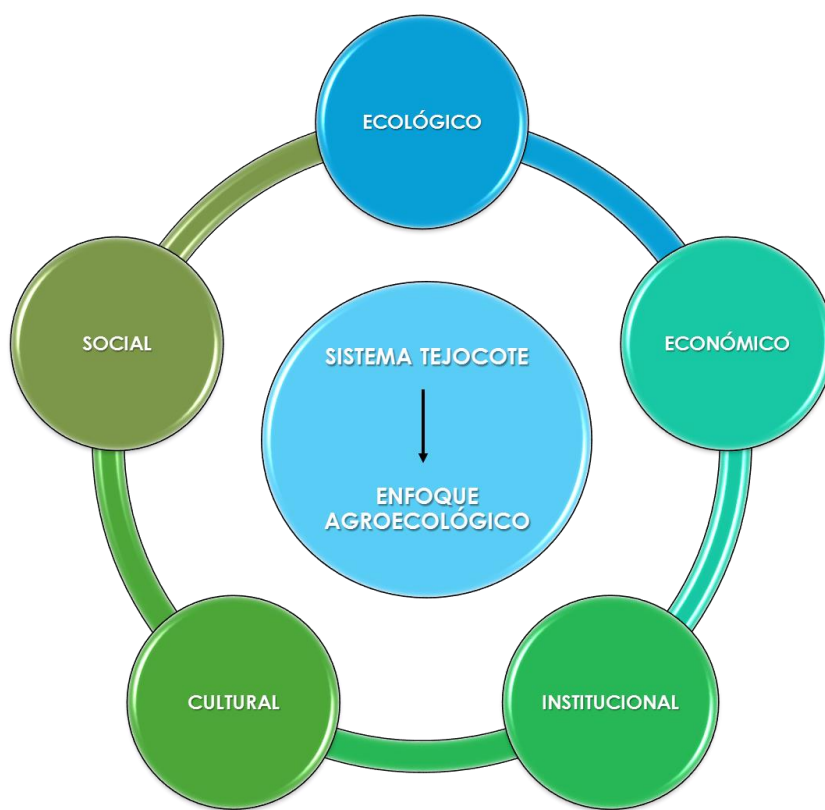


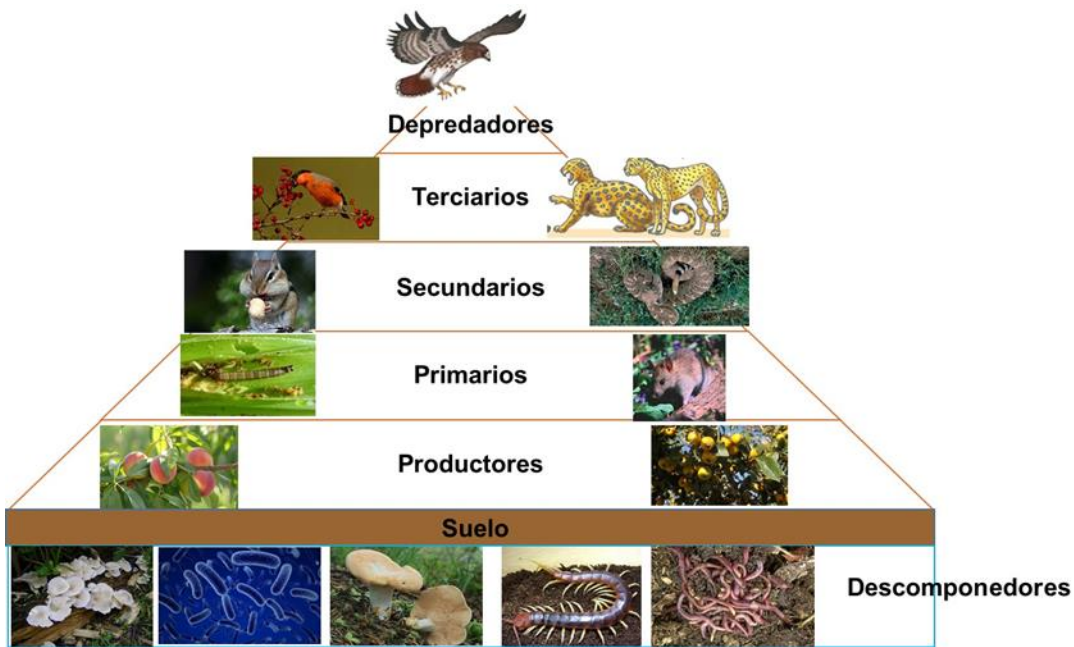
Figura 30. Elementos principales para la propuesta de manejo agroecológico del tejacote

Actualmente, con el enfoque agroecológico no hay información que sustente alguna investigación en el tejacote y el barrenador del fruto, motivo por el cual surge la necesidad de plantear una línea de investigación que aborde dicha problemática. Escasas son las investigaciones que determinan con exactitud la fenología del frutal, así como información acerca de las plagas y enfermedades que afectan al tejacote. La propuesta de manejo agroecológico se basa en dar un tratamiento al problema desde un enfoque sistémico y holístico, motivo por el cual

integra elementos de diferentes dimensiones o campos como el ecológico, institucional, económico, cultural y social. Con la finalidad de poder tener una participación constructivista y arribar a un desarrollo autogestivo por parte de los productores.

Desde la perspectiva del enfoque Agroecológico se puede decir que se encuentran presentes los tres ejes del manejo sustentable que son lo ecológico, social y económico; bajo estos elementos se debería propiciar la producción de tejocote, con la finalidad de orientar a los productores hacia una agricultura sustentable. Agregando los elementos de la cultura y la vinculación con las instituciones se podría manejar el sistema tejocote de forma más sustentable. Debido a que se están contemplando los principales elementos ejes del desarrollo sustentable para poder producir alimentos de forma más amigable con el ambiente.

Al considerar la teoría de sistemas, se pueden describir los componentes del agroecosistema que son: límites, entradas y salidas e interacciones entre los componentes. Las características del agroecosistema tejocote son: Las fuentes primarias de energía que son la energía biológica del productor que interviene en el sistema, la de los animales que ayudan al productor a realizar las labores, la diversidad de animales y plantas que son seleccionados según las necesidades del productor que gestiona el agroecosistema. Los componentes del agroecosistema tejocote se pueden dividir en componentes bióticos, que son los productores, consumidores primarios o herbívoros, consumidores secundarios o carnívoros y descomponedores, lo que comúnmente se conoce como una red trófica (Fig. 31).



Fuente: Fotos tomadas de internet, bajo el modelo de red trófica

Figura 31. Red trófica en el agroecosistema tejocote de la Sierra Nevada de Puebla

Los componentes abióticos son: el suelo, nutrientes inorgánicos, agua, clima, también se incluyen aquí los alambrados, corrales, casas, galpones, maquinarias utilizada en los huertos, entre otros.

Los componentes socio-económicos: incluye las relaciones laborales como la mano de obra en las diferentes actividades que se realizan al tejocote, las relaciones familiares, el salario que adquiere cada integrante de la familia de los productores por las diferentes actividades económicas que desarrolla. También se puede incluir la tecnología, los precios, los mercados tanto en la producción, distribución y consumo; la propiedad de la tierra, el acceso a créditos y mercado y hasta la política económica y agrícola en particular. El resultado de la interacción entre características endógenas, tanto biológicas como físicas en el predio agrícola y de factores exógenos tanto sociales como económicos, generan la estructura particular del agroecosistema (Greco y Tonolli, S/F). Estos elementos que constituyen al agroecosistema pueden influir en los sistemas agrícolas tanto

como una sequía, un ataque de plagas, la disminución de los nutrientes en el suelo o la baja del precio de la fruta. Lo que conlleva a un mal funcionamiento de la estructura del agroecosistema, que se manifiesta como en este caso en la producción, calidad de la fruta y el ingreso económico para el productor.

Dentro de los límites y estructura del agroecosistema, de acuerdo a Hart (1985), el agroecosistema debe tener por lo menos tres niveles jerárquicos, entonces el primer nivel es el Sistema planetario que comprende al ecosistema local como segundo nivel y este a su vez al agroecosistema tejocote como tercer nivel. A su vez a nivel del agroecosistema se encuentran subsistemas como el subsistema suelo, el subsistema de cultivo (tejocote), el subsistema malezas, el subsistema plagas, el subsistema enfermedades y el subsistema familia o productor encargado del manejo. De los subsistemas antes mencionados se pueden estudiar cada uno de ellos como sistemas, con la finalidad de poder dar soluciones para mejorar el equilibrio del agroecosistema. Además, que en ellos existe una interrelación, debido a que en algunas ocasiones las salidas de unos subsistemas son las entradas de algunos otros, finalmente estos subsistemas se encuentran interrelacionados, motivo por el cual no se pueden separar completamente, pero si estudiar por separado para comprender con mayor facilidad su estructura y funcionamiento.

En el caso del subsistema cultivo, se encuentran las diferentes relaciones que se dan al realizar las labores del propio cultivo, arar el terreno, realizar las labores agrícolas para el cultivo del maíz, plantas por mata, las semillas que se van a sembrar, fecha de fertilización, formulas y dosis empleadas.

Para el caso del subsistema tejocote, se realizan prácticas agrícolas de manejo como son: podar, encalar, remover suelo con la finalidad de exponer a la intemperie pupas y larvas de *Conotrachelus crataegi* (barrenador del tejocote), limpiar las hileras de maleza, hacer raleo al fruto, aplicación de fertilizantes al follaje y al suelo, realizar la cosecha y recolectar los frutos que se quedaron

tirados durante la cosecha, esto con la finalidad de evitar un foco de infección por la larva del barrenador. La aplicación de insecticidas con la finalidad de controlar al barrenador y a las demás plagas y enfermedades que se desarrollan en el tejocote.

La estructura de un sistema puede ser simple o compleja y depende del número y tipo de componentes y del arreglo entre los mismos. Para el caso del agroecosistema tejocote tiene una estructura compleja debido a que tiene tanto componentes naturales como sociales.

El flujo de energía principalmente el sol es la fuente natural que el agroecosistema tejocote utiliza para que se pueda realizar la fotosíntesis por los frutales (tejocote, durazno, ciruela, capulín) y los cultivos (maíz, frijol, haba y chícharo). Esta energía que se absorbe por los frutales y cultivos queda disponible para los niveles tróficos superiores y en cada transferencia de energía de un nivel trófico a otro. En el agroecosistema tejocote el manejo procura conducir la energía solar hacia la obtención de productos vegetales principalmente frutal y maíz.

Los ciclos de los materiales que forman parte de la materia orgánica se encuentran principalmente en el ambiente. Los autótrofos los incorporan a la materia orgánica mediante el proceso de fotosíntesis y por absorción de nutrientes. Los materiales inorgánicos se dividen según su lugar de residencia en el medio: atmosféricos como el carbono, nitrógeno y oxígeno, y sedimentarios cuando forman parte de las rocas o se encuentran en el suelo fósforo, potasio, calcio, magnesio, sodio, entre otros.

Por lo tanto, en el agroecosistema tejocote existen entradas de energía, materiales e información como la energía solar, la fuerza de trabajo humana y animal y el conocimiento; la liberación de suelo; la fijación atmosférica; la lluvia o agua; los fertilizantes y los estiércoles de los animales. En cuanto a las salidas: son las cosechas (los frutales que cosechan los productores y los cultivos) madera y

forraje; lixiviación; desnitrificación y volatilización; erosión; eliminación de la cubierta vegetal y escorrentía.

Los agroecosistemas son muy complejos, por lo anterior se puede observar a groso modo que el agroecosistema tejocote tiene una estructura y un funcionamiento complejo, el cual puede semejar a un ecosistema como el de la selva; aun cuando en este tanto su estructura como las interacciones entre sus componentes puedan ser mucho más complejas. De cualquier modo, es importante conocer el funcionamiento del agroecosistema para poder implementar estrategias de manejo para mejorar la sustentabilidad del mismo y sacar los mayores ingresos con un costo de inversión mínimo.

Propuesta de manejo para el barrenador y su relación en el manejo de tejocote

Con base en los resultados obtenidos en la investigación se vislumbra necesario plantear una propuesta de manejo del barrenador. En primera instancia se debe tomar en cuenta que la zona de la Sierra Nevada de Puebla es rural, los productores son minifundistas y practican una agricultura tradicional.

Debido a esto, González (2011) dice que “el productor debe saber actuar, ser proactivo, ubicarse en el contexto, ser responsable de sí mismo y corresponsable del futuro de su comunidad. Además de que el productor debe capacitarse para actuar; esto es desarrollar competencias que le permitan definir sus objetivos, conocer, interpretar y evaluar su realidad (su situación y su entorno), proponer y ejecutar soluciones”.

Considerando lo anterior la propuesta de manejo sustentable se orienta al tejocote, debido a que actualmente este frutal ha cobrado interés por la apertura del mercado a Estados Unidos (SAGARPA, 2015), a las propiedades medicinales y el valor nutracéutico que se han encontrado en las investigaciones sobre tejocote (Nieto *et al.*, 2012).

El tejocote que se cultiva en la zona de la Sierra Nevada de Puebla tiene fruto solamente una vez al año; por lo tanto, los productores deberían realizar actividades agrícolas de manejo durante todo el año para obtener una producción de calidad, lo que dará un mayor rendimiento. Por lo tanto, se plantea un manejo agroecológico del cultivo (Fig. 32).

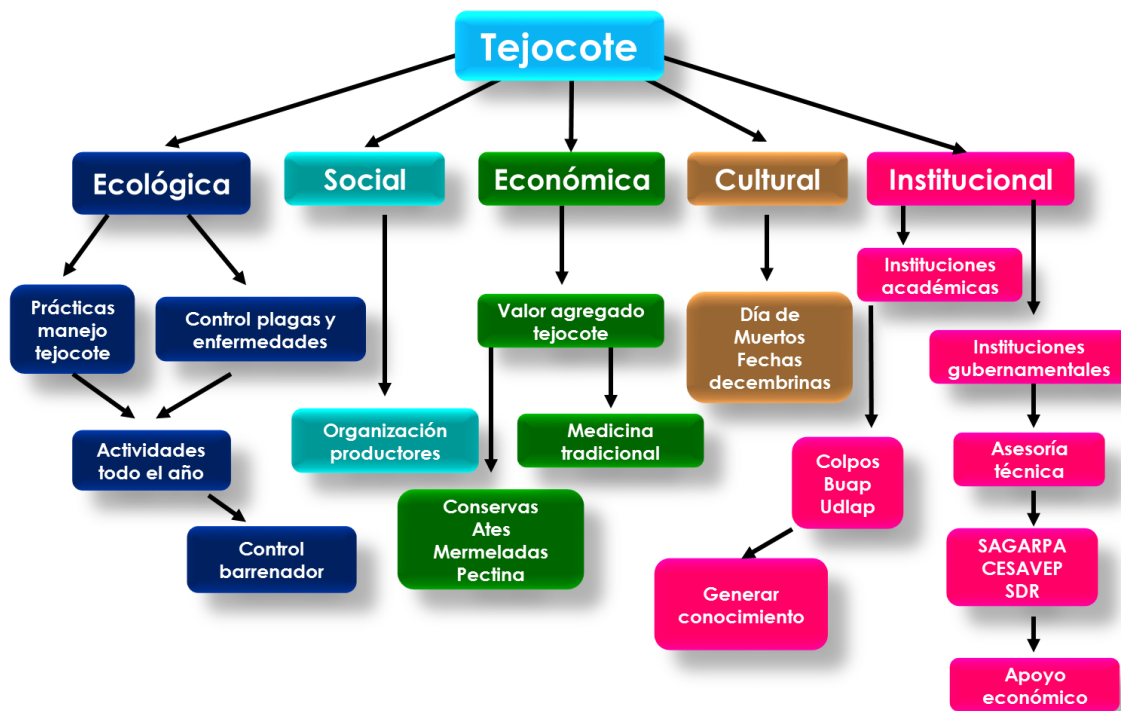


Figura 32. Acciones para el manejo del frutal y el control del barrenador del tejocote en un ciclo productivo

Para analizar y definir las recomendaciones generales se consideraron los elementos de información, con la finalidad de definir una guía de manejo tratando de usar al mínimo los insecticidas y si se pudiera excluirlos sería más factible; también, se tomaron en cuenta las escasas investigaciones, la experiencia de los productores y de las instituciones que se encuentran más involucradas en el manejo del tejocote. Derivado de los resultados de los cuestionarios se tomó en cuenta el manejo que realizan los productores para definir los elementos de la estrategia que utilizan. Las actividades propuestas para el manejo son enfocadas

hacia el tejocote (árbol) y al barrenador (insecto), con el fin de mejorar la estrategia identificada:

Poda. En los árboles de tejocote dependerá de la altitud, de los materiales genéticos, y del clima según consideren conveniente los productores (principalmente las heladas que se dan en la zona). El 75.2% de los productores menciona que realizan la poda, sin alguna guía técnica en particular y el 24.8% no hace poda. Esta la realizan en los meses de enero y febrero. Nieto y Borys (2008), realizaron un estudio de podas de formación en árboles de tejocote en San Andrés Calpan y San Agustín Atzompa, en el estado de Puebla. Donde hicieron la conducción de la poda de formación, iniciando con el portainjerto para adaptar el tejocote a las condiciones locales; posteriormente, se despuntó el árbol y se indujo a la ramificación primaria, seleccionando de tres a cuatro ramas para la estructura del árbol, estas ramas tuvieron ramas secundarias que también se despuntaron. Este hecho, permitió la formación del árbol, disminuyó el vigor y le dio estructura, para el aprovechamiento de la radiación solar, el soporte de la producción y de los factores ambientales adversos, tales como el viento, lluvia y nieve. La ventaja de estas prácticas de manejo en árboles de tejocote son el incremento en la producción, la facilidad de la recolección de los frutos, el incremento de árboles por unidad de superficie, el incremento de la calidad de frutos y el rendimiento; lo que propicia mejores ingresos económicos para el productor. Incorporando esta técnica a partir de demostraciones, parcelas demostrativas y capacitación se potenciarían los efectos de este elemento de la estrategia identificada.

Limpieza. El 60% de los productores realizan esta actividad, la cual consiste en limpiar la parte del área de goteo y entre las hileras generalmente; algunos otros aran el terreno con la finalidad de limpiar o hacer remoción de suelo, práctica que se debe implementar por los beneficios que trae en la captación de lluvias invernales y romper el ciclo biológico del insecto. Los productores comentan que el CESAVEP les recomienda que al terminar la cosecha se recolecte todo el tejocote y excavar un cubo de 1x1x1 m para poner en este una capa de cal, después una

de tejocote de 20 cm aproximadamente, y continuar con esto hasta que se termine todo el fruto que no se colectó para la venta. Observando que únicamente realizan el cubo y colocan el fruto, pero no le ponen cal ni lo sellan. Por lo que esta práctica debe ser implementada a través de una campaña de difusión de acuerdo a las indicaciones técnicas.

Fertilización. El 56.8% de los productores de tejocote no fertilizan sus árboles. Escasa es la información acerca de la fertilización del tejocote, existen estudios sobre el durazno principalmente. Por lo tanto, es importante realizar investigaciones sobre la fertilización dirigida al tejocote. Porque una fertilización adecuada puede incrementar la producción y calidad del fruto además que puede proteger para el brote de algunas enfermedades (Larqué *et al.*, 2009). Los productores de la Sierra Nevada de Puebla generalmente fertilizan con abono animal en los meses de marzo, abril y julio, agosto; agregando aproximadamente 50 kilos alrededor del área de goteo del árbol, también, agregan entre uno y dos kilos de urea según les permita su economía. Al mismo tiempo se recomienda el inicio de una línea de investigación sobre el efecto de la fertilización orgánica y mineral en el fruto de tejocote.

Cosecha. Los productores del área de estudio inician esta actividad en el mes de septiembre para el fruto más precoz. Algunos productores empiezan a cosechar en octubre. Pero en noviembre es la cosecha más importante porque la gran mayoría de productores cosechan por el día de muertos mejor conocido como Todos Santos, continuando en diciembre para las Fiestas Decembrinas; el fruto es el elemento principal para la bebida tradicional llamada "Ponche" en México. El precio del tejocote es muy variable, aunque en el mes de octubre donde el mercado no está saturado el fruto alcanza por lo menos el 50% más que en el mes de noviembre, debido a esto los productores dicen que el precio es aceptable. Ante esta situación, se deben buscar alternativas tecnológicas que aceleren la producción para tener la fruta en el periodo en que adquiere un mejor precio.

Generación de valor agregado. Varias son las formas en que algunos productores de tejocote lo transforman. En el municipio de Calpan se lleva a cabo la Feria del tejocote, motivo por el cual los productores se reúnen en el mes de noviembre en la plaza principal de este municipio. Debido a esto, se ofrecen productos que llevan como ingrediente principal el fruto de tejocote, entre tales productos están: jaleas, ates, mermeladas, conservas, yogurt, comida, agua fresca, entre otros. Por lo tanto, se recomienda la búsqueda de otras alternativas adicionales a las mencionadas para generar valor agregado al tejocote y que independientemente de la época se pueda vender a un precio más elevado, comparado con el precio de 50 pesos por caja de 25 kilogramos.

La asistencia técnica en el manejo del tejocote, es necesaria para que los productores sepan cómo realizar los diferentes tipos de poda, en que momento utilizar cada una de ellas y por que motivo. Como realizar la fertilización, las cantidades, los nutrientes que el árbol necesita, ya sea para el desarrollo de follaje, amarre del fruto o para que sus flores sean fuertes y no se caigan durante las condiciones climatológicas adversas. La aplicación de insecticidas también requiere de un apoyo técnico para aplicar en tiempo y forma el producto sin gastar más y sin tener ningún beneficio. Durante el desarrollo de la investigación muchas de estas actividades se pudieron observar en los productores de tejocote. La mayoría realiza las actividades fuera de tiempo, o con las cantidades de fertilizantes o insecticidas inadecuados, provocando altos costos de producción que se ven reflejados en los bajos ingresos del productor al vender su producto.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación, conociendo el ciclo biológico en campo, el conocimiento campesino de los productores y lo observado en campo durante el desarrollo del proyecto de investigación (2012-2015) se podrían realizar las siguientes actividades de manejo del barrenador del tejocote:

- 1). Durante el mes de febrero y marzo revisar el follaje para ver si se encuentra presente el barrenador, esto también se puede hacer al realizar la poda. Es recomendable efectuar el barbecho, con la finalidad de exponer las larvas o pupas y por ende mermar la emergencia de adultos.
- 2). En los meses de abril y mayo se puede realizar un diagnóstico para ver si ya se encuentra el barrenador presente, de dos maneras: la primera con una manta de 1x1.5 m al sacudir vigorosamente la rama que da al sol en un horario de entre 7 y máximo 8 de la mañana; la otra es realizando una excavación en el suelo de 50x50 cm de lado por lado y de 20 cm de profundidad con la finalidad de observar cómo va el desarrollo de la larva del tejocote, si ya está en la etapa de pupa o ya se encuentra en pre-adulto listo para empezar su emergencia, alimentarse y realizar la copula para posteriormente ovipositar por parte de la hembra en el fruto.
- 3). La aplicación de insecticidas se realiza en demasía, cada 10, 15, 20 o 30 días, sin correlacionar la presencia de la plaga en su estadio más vulnerable a los insecticidas con la fecha de aplicación, lo que genera altos costos de producción. Se recomienda aplicar insecticidas de bajo impacto ambiental, de acuerdo con los períodos de emergencia de adultos, así como estudiar la efectividad de hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana*®, *Metarhizium anisopliae*®, e insecticidas como Spinosad® y Neem®.

La asesoría técnica acerca del ciclo del barrenador es importante, se puede controlar un insecto conociendo sus etapas más vulnerables, de esta manera se sabe cuál es el momento correcto para actuar y tener los mejores resultados. En el caso de este barrenador, la etapa con mayor vulnerabilidad es la de adulto y en segundo lugar la transición de larva a pupa, momento adecuado para realizar la remoción de suelo en los meses de marzo y abril.

La participación de las instituciones es muy importante, debido a que si ellas proporcionan asesoría técnica adecuada en el tiempo necesario los productores

tendrían el conocimiento para saber actuar bajo las circunstancias en las que se encuentren.

Una propuesta no es suficiente si los productores no están comprometidos con sus huertas. Aparte de que es un trabajo en conjunto por parte de las instituciones académicas, para generar el conocimiento y las autoridades principalmente de su localidad para solicitar las asesorías técnicas a las instituciones más aptas por ejemplo la SAGARPA, el CESAVERP y hasta el propio Colegio de Postgraduados. Algo importante es que el productor no debe esperar a que el gobierno ya sea federal, estatal o municipal resuelvan los problemas que se les presentan durante sus actividades agrícolas. Es importante la intervención del gobierno en la regulación del precio y los mercados, pero esto obviamente con una mayor calidad en el fruto.

La mayoría de los productores no le dan un valor agregado al producto tejocote, algunas ocasiones porque no saben cómo y tampoco lo aprovechan para utilizarlo como forraje para sus animales, hecho por el cual la asesoría técnica es muy importante. Seguir las recomendaciones adecuadas seguramente les redituaria en una mejor calidad y cantidad de fruta para cosechar y comercializar a un mejor precio o tal vez hasta llegar a exportarlo ahora que el mercado se abrió a Estados Unidos de América.

Se podría tener un manejo sustentable en las comunidades estudiadas y tal vez en la Región de la Sierra Nevada de Puebla donde se cultiva el 95% del tejocote a nivel nacional (SIAP, 2014). Pero también, se debe promover la concientización de los productores, debido a que desafortunadamente esta forma tan paternalista que tienen del gobierno no les ayuda de ninguna forma. Algunos productores esperan a que el gobierno resuelva sus problemas porque piensan que la problemática en torno al tejocote es por falta del apoyo que no reciben de las diferentes instituciones.

Aunque una estrategia igual en todas las áreas donde se cosecha el tejocote no aplicaría en su totalidad, se puede implementar con una estructura similar. Debido a la complejidad del sistema, las diferentes actividades de los agricultores, las condiciones climatológicas, el recurso económico, la disponibilidad de tiempo, pero sobre todo el deseo de los productores de querer realizar un cambio y sobre todo ser flexibles, si en una primera etapa las cosas no funcionan como se tenía planeado. Debería haber un proceso de cambio, donde se interrelacionen todos los productores y compartan sus experiencias.

La mayoría de productores de tejocote no conocen las plagas que se presentan en el tejocote y mucho menos saben diferenciar los daños del barrenador con la mosca de la fruta; tampoco, conocen las diferentes etapas del barrenador; es decir, no conocen su ciclo biológico en campo, esto es un impedimento para poder tomar medidas de control para el barrenador.

Debería ocurrir un proceso de cambio consciente por parte de los productores para innovar, implementar nuevas técnicas, modelos que les ayuden a tener más producto y de mejor calidad. Algo muy importante es que los productores deben aprender a realizar la transformación del tejocote; por ejemplo, ates, mermeladas, fruta cristalizada, conserva, etc. Porque los resultados arrojados por las encuestas indican que los productores no realizan transformación al producto.

De la investigación realizada sería muy importante dar a conocer estos resultados. Por medio de campañas de concientización, que es un proceso de acción cultural a través del cual las mujeres y los hombres despiertan a la realidad de su situación sociocultural, avanzan más allá de las limitaciones y perturbaciones a las que están sometidos, y se mantienen a sí mismos como sujetos conscientes y cocreadores de su futuro histórico (Freire, 1974). Aunque sería conveniente agregar un componente más, el cual sería aplicar las técnicas o modelos empleados en una parcela demostrativa, debido a que los productores no cambian si no observan ellos mismos los efectos.

Lucky (2014) dice lo siguiente: ***“Para sobrevivir económicamente, en la era de los mercados globalizados, los productores rurales latinoamericanos necesitan estar capacitados y organizados solidariamente con sus colegas y adoptar medidas tanto en forma individual como grupal”***. Además, que este autor versa su trabajo en varios puntos que él piensa importantes como: tener una educación de excelencia que esté orientada a formar ciudadanos más independientes y autogestionarios más emprendedores y más solidarios con sus vecinos con la finalidad de que puedan solucionar sus problemas y progresar con la mínima ayuda por parte del gobierno.

La temática de la campaña debe tener como objetivo principal el control del barrenador por medio del conocimiento del ciclo biológico para poder conocer sus diferentes etapas en campo y controlarlo en el tiempo y momento adecuado, evitando trabajo, dinero y tiempo innecesarios. También es importante tomar en cuenta las diferentes prácticas agrícolas que se deben desarrollar en el tejocote, y por qué implementar esas medidas.

Debido a lo anterior, estas serían las acciones a tomar en la campaña de concientización:

- 1) Realizar la vinculación con las instituciones de gobierno, incluidas SAGARPA, CESAVER, principalmente, con la finalidad de que los técnicos realicen una capacitación a los productores para el control del barrenador y el manejo del tejocote. Con los ayuntamientos de los municipios pertenecientes a la Sierra Nevada de Puebla, con el propósito de que en las instituciones se proporcione información por medio de folletos, videos, conferencias, para comunicar el problema que se tiene en el cultivo de tejocote y que por medio de estrategias de control y manejo se puede tener un mejor producto. Además, que en un futuro los hijos de los productores de tejocote tendrán las huertas donde sus padres ahora cultivan tejocote.

- 2) Los especialistas en el tema como investigadores de las diferentes instituciones que generan el conocimiento, debido a que son parte fundamental en esta campaña de concientización, porque de acuerdo a los resultados de sus investigaciones se pueden implementar las diferentes prácticas agrícolas para poder tener producto de calidad y mejores rendimientos por hectárea. Además, tener asesoría de este tipo puede ayudar a expandir los diferentes conocimientos que son importantes y fundamentales, por ejemplo, los tipos de control del barrenador y las diferentes plagas y enfermedades presentes en el tejocote, y las diferentes prácticas de manejo del tejocote, por ejemplo; las cantidades adecuadas de fertilizante, los diferentes tipos de poda, formas de transformar el tejocote, entre otras.
- 3) Realizar invitaciones a talleres, conferencias o ferias involucradas con la problemática del tejocote a los habitantes de los municipios de la Sierra Nevada de Puebla; por medio de radio y televisión, principalmente.
- 4) Involucrar a instituciones gubernamentales o no gubernamentales para poder tener financiamiento y realizar estas sugerencias para el desarrollo de una campaña estratégica de concientización.
- 5) Realizar encuentros entre los productores de tejocote con la finalidad de compartir sus experiencias para poder conocer sus resultados al implementar las diferentes estrategias diseñadas para el control del barrenador y poder tomar en cuenta que se debe innovar con el propósito de mejorar día con día.

Conclusión

Las diferentes prácticas agrícolas de manejo y control del barrenador que realiza el productor son los elementos de la estrategia identificada la cual debe ser complementada en sus diferentes componentes, así como realizarse en tiempo y forma. Estrategia que dependerá de la participación de las instituciones, las autoridades y la organización de los productores de tejocote. Se esperaría que con la complementación de la estrategia identificada se tenga una reducción de costos de producción, que ayude a un mayor rendimiento por hectárea, motivo por el cual

los ingresos serían mayores; lo que se reflejará en una utilidad mayor para los productores.

Literatura citada

- BELI R. T.; RAKESH K. S.; AVTAR K. H.; RAO M. A. 1997. Chemistry and uses of pectin-A review. *Critical Reviews. Food Science and Nutrition*. 37(1): 47-73.
- BERTALANFFY L. V. 2004. Teoría general de los sistemas. Fundamentos, desarrollo, aplicaciones. Fondo de cultura Económica. México. 308 p.
- BORYS M. V. 1989. Valor ecológico del tejocote (*Crataegus* spp.). Memorias del primer congreso de ecología. "La Era Ecológica". Puebla, Pue. México. 19 p.
- BORYS M. V.; LESZCZYŃSKA B. H. 1994. Tejocote (*Crataegus* spp.) planta para solares, macetas o interiores. *Revista Chapingo, Serie Horticultura*. 2:95-107.
- COCHRAN W. G. 1974. Técnicas de muestreo. Compañía Editorial Continental, S. A. (CECSA). México. 507 p.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad). 2015. *Crataegus pubescens*. Rosaceae. 224-226 p. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/59-rosac1m.pdf [Fecha revisión: 09 noviembre 2015].
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2016. Biodiversidad Mexicana. Ecosistemas. Conceptos. ¿Qué es un ecosistema? Disponible en: <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/quees.html> [Fecha revisión: 21 mayo 2016].
- DOUGLAS S. M.; COWLES R. S. 2011. Plant pest handbook a guide to insects, diseases and other disorders affecting plants. Pear (*Pyrus*). Quince (*Cydonia*). The Connecticut Agricultural Experiment Station, USA. Disponible en: <http://www.ct.gov/caes/cwp/view.asp?a=2826&q=378182&p=12&n=1> [Fecha revisión: 5 de octubre 2015].

- EDWARDS J. E.; BROWN P. N.; TALENT N.; DICKINSON T. A.; SHIPLEY P. R. 2012. A review of the chemistry of the genus *Crataegus*. *Phytochemistry*.79:5-26.
- FREDERICK S. H. 1942. The genus *Conotrachelus dejean* (Coleoptera, Curculionidae) in the north central United States. With nine plates. In: Theodore B. J.; Wilbur T. F.; Van C. H. J. Illinois Biological Monographs. Volume XIX. No. 3. Published by the University of Illinois Urbana, Illinois. 170 p.
- FREIRE P. 1974. "Conscientization". *Cross Currents*. 24(1): 23-28.
- GLIESSMAN S. R. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Centro de Agronomía Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 359 p.
- GONZÁLEZ G. M. J. 2011. El pensamiento estratégico como motor de la gestión de cambio en el territorio. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*. 55: 211-230.
- GRECO S.; TONOLLI A. (S/F). Agroecología y Ambientes Rurales. Ingeniería en Recursos Naturales Renovables UNCuyo. 9-19.
- HANELT. P. 2001. Mansfeld's encyclopedia of agricultural and horticultural crops: (except ornamentals). Springer Science & Business Media. 3641 p.
- HART R. D. 1979. Agroecosistemas. Conceptos básicos. Centro de Agronomía Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 211 p.
- HART R. D.1985. Conceptos básicos sobre agroecosistemas. CATIE. Turrialba. 67-78 p.
- ILPES (Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social). 2004. Metodología del Marco Lógico. *Boletín del Instituto*, No. 15. Santiago, Chile. 48 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los estados unidos mexicanos. Calpan. Clave geoestadística 21026. 2009. Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/21/2102>

- 6.pdf, Domingo Arenas 21060.pdf y Huejotzingo 21074.pdf [Fecha revisión: 17 de junio de 2015].
- LACKY P. 2014. Los pequeños y medianos productores rurales pueden y deben volverse mucho más eficientes. Boletín. 2014-09-08 15:24:25. 1-9 p. Disponible en: http://www.cofupro.org.mx/cofupro-old/cofupro_web.php?idseccion=2018 [Fecha de revisión: 22 mayo 2016].
- LARQUÉ S. B. S.; SANGERMAN-J. D. M.; RAMÍREZ V. B.; NAVARRO B. A.; SERRANO F. M. E. 2009. Aspectos técnicos y caracterización del productor de durazno en el estado de México, México. Agricultura Técnica en México. 35(3): 305-313.
- LATORRE D.; LATORRE F. A. 1977. Plants used by the Mexican Kickapoo Indians. Economic Botany. 31: 340-357.
- NAS (National Academy of Sciences). 1978. Control de plagas de plantas y animales. Manejo y control de plagas de insectos. Volumen 3. Editorial Limusa. México. 522 p.
- NIETO A. R.; AGUIRRE M. E.; GARCÍA M. M. DEL R. 2012. Macro Red Frutales. Proyecto red tejocote. Frutales. Resúmenes ejecutivos ejercicio fiscal 2010. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 13-135 p.
- NIETO A. R.; BORYS M. W. 2008. Podas de formación en árboles de tejocote. Agronomía y Agricultura. Extensión del campo. 14-16.
- NÚÑEZ C. C. A. 2009. The tejocote (*Crataegus* Species): a Mexican plant genetic resource that is wasted. A review. Acta Horticulturae. 806: 339-346.
- NÚÑEZ C. C. A.; ESCOBEDO L. D.; HERNÁNDEZ M. M. A.; ORTEGA R. C. 2012. Modelos de las zonas adecuadas de adaptación del tejocote (*Crataegus mexicana* DC.) por efecto del cambio climático. Agronomía Mesoamericana. 23(2): 241-246.
- NÚÑEZ C. C. A.; NIETO A. R.; BARRIENTOS P. A. F.; SAHAGÚN C. J.; GONZÁLEZ A. F. 2008. Variability of three regional sources of germplasm

- of Tejocote (*Crataegus* spp.) from central and southern Mexico. Genetic Resources and Crop Evolution. 55:1159-1165.
- PEDROZA I. R.; AGUILAR E. E.; VERNON C. E. J. 1995. Extraction of pectin from tejocote (*Crataegus mexicana*) by acid hydrolysis and by ion exchange resins. Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 35(2): 151-160.
- PÉREZ O. C. P.; MENDOZA A. M.; CEJA R. J.; PACHECO L. 2008. Anatomía de la madera de cinco especies de la familia Rosaceae. Madera y Bosques. 14(1):81-105.
- QUINN J. B. 1991. El concepto de Estrategia. Capítulo 1. (p. 3-22). En: Mintzberg H.; Quinn J. B. (eds.). El proceso estratégico. Conceptos, Contextos y caos. Prentice Hall Hispanoamericana, S. A. México. 57 p.
- RESINA. 2013. Caracterización de tejocote (*Crataegus* spp.). Red tejocote. Macro-Red Frutales. 1:53-56.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2015. Comunicado de prensa. Autoriza EUA la importación de higos y tejocotes mexicanos. NUM. 245/15. 2 p.
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2014. Producción Agrícola. Estado de Puebla. Ciclo: Cíclicos y perennes. Modalidad: Riego + Temporal. Tejocote. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> [Fecha revisión: 09 noviembre 2015].
- SIMEÓN R. 1997. Diccionario de la Lengua Náhuatl o Mexicana. Siglo Veintiuno América Nuestra. 783 p.

CONCLUSIONES GENERALES

Ciclo biológico de *Conotrachelus crataegi*

C. crataegi presentó altos niveles de traslape de las diferentes etapas de desarrollo; la larva está presente en el fruto desde la primavera y hasta la cosecha del mismo y posteriormente, se encuentra en el suelo durante el otoño, todo el invierno y parte de la primavera del siguiente año. Los adultos emergieron desde la última semana de abril y hasta septiembre, con las densidades más altas el 28 de mayo y el 11 de junio. El huerto de Domingo Arenas tuvo el mayor número de adultos y larvas del barrenador, esto podría deberse a que este huerto no fue atendido por el productor, en tanto que en los huertos de Huejotzingo y San Andrés Calpan los productores realizan diferentes prácticas de poda, abonado y remoción del suelo principalmente, aunque es necesario evaluar estas prácticas en estudios posteriores.

Análisis socioeconómico de la incidencia del barrenador

La falta de información ecológica, fenológica (tejocote), biológica (barrenador) y tecnológica tanto del barrenador como del tejocote es determinante para que los productores de la Sierra Nevada de Puebla puedan tener un manejo adecuado del frutal y un control de las plagas y enfermedades que presenta el tejocote. Aunado a ello se presentan las diversas actividades socioeconómicas que favorecen la incidencia de *C. crataegi*. Aunque con respecto a los costos, incorporar prácticas de manejo probablemente los incrementaría.

Estrategia de manejo sustentable del barrenador

La realización de las diferentes prácticas agrícolas de manejo y control al barrenador que realizan actualmente los productores pueden ser fortalecidas en tiempo y forma a partir de la complementación e implementación de una estrategia

de manejo sustentable. La implementación y éxito de esta estrategia dependerá de la participación de las instituciones, las autoridades y la organización de los productores de tejocote. También, se esperaría que con la implementación de la estrategia se tenga una reducción de costos de producción, que ayude a un mayor rendimiento por hectárea, motivo por el cual los ingresos serían mayores; lo que se reflejará en una utilidad mayor para los productores.

ANEXOS

Anexo 1

Muestreos realizados en tres huertos de la Sierra Nevada de Puebla

Los muestreos que se realizaron fueron de follaje y frutos de *Crataegus* spp. y del suelo del área de goteo de los árboles de tejocote, para detectar las diferentes etapas del ciclo biológico de *Conotrachelus crataegi* en los huertos muestreados en el año 2014-2015 en los municipios de Calpan, Domingo Arenas y Huejotzingo, pertenecientes a la Sierra Nevada de Puebla.

Muestreos de diagnóstico para detectar barrenador en suelo

Muestreo	Fecha de muestreo	Tipo de muestreo	Estado biológico
1	15 marzo 2014	Suelo	Larva, Pupa
2	30 marzo 2014	Suelo	Larva, Pupa
3	15 abril 2014	Suelo	Larva, Pupa, adulto

Muestreos de adultos de *Conotrachelus crataegi* en follaje

Muestreo	Fecha de muestreo	Tipo de muestreo	Estado biológico
1	30 abril 2014	Follaje	Adulto
2	14 mayo 2014	Follaje	Adulto
3	28 mayo 2014	Follaje	Adulto
4	11 junio 2014	Follaje	Adulto
5	25 junio 2014	Follaje	Adulto
6	09 julio 2014	Follaje	Adulto
7	23 julio 2014	Follaje	Adulto
8	06 agosto 2014	Follaje	Adulto
9	20 agosto 2014	Follaje	Adulto
10	03 septiembre 2014	Follaje	Adulto
11	17 septiembre 2014	Follaje	Adulto

Muestreos de frutos para detectar huevos y larvas del barrenador del tejocote

Muestreo	Fecha de muestreo	Tipo de muestreo	Estado biológico
1	09 julio 2014	Fruto ramas	Larva
2	23 julio 2014	Fruto ramas	Larva
3	06 agosto 2014	Fruto ramas	Larva
4	20 agosto 2014	Fruto ramas	Larva
5	03 septiembre 2014	Fruto ramas	Larva
6	17 septiembre 2014	Fruto ramas	Larva
7	01 octubre 2014	Fruto ramas	Larva
8	15 octubre 2014	Fruto ramas	Larva
9	29 octubre 2014	Fruto ramas	Larva
10	12 noviembre 2014	Fruto suelo	Larva
11	26 noviembre 2014	Fruto suelo	Larva
12	10 diciembre 2014	Fruto suelo	Larva

Muestreos en suelo para detectar larvas, pupas y pre-adultos

Muestreo	Fecha de muestreo	Tipo de muestreo	Estado biológico
1	12 noviembre 2014	Suelo	Larva
2	26 noviembre 2014	Suelo	Larva
3	10 diciembre 2014	Suelo	Larva
4	24 diciembre 2014	Suelo	Larva
5	07 enero 2015	Suelo	Larva
6	21 enero 2015	Suelo	Larva
7	04 febrero 2015	Suelo	Larva
8	18 febrero 2015	Suelo	Larva
9	04 marzo 2015	Suelo	Larva
10	18 marzo 2015	Suelo	Larva, Pupa
11	01 abril 2015	Suelo	Larva, Pupa
12	15 abril 2015	Suelo	Larva, Pupa
13	29 abril 2015	Suelo	Larva, Pupa

Muestreos de fruto para detectar huevos y larvas del barrenador del tejocote

Muestreo	Fecha de muestreo	Tipo de muestreo	Estado biológico
1	15 abril 2015	Fruto ramas	Huevo, Larva
2	22 abril 2015	Fruto ramas	Huevo, Larva
3	29 abril 2015	Fruto ramas	Huevo, Larva
4	06 mayo 2015	Fruto ramas	Huevo, Larva
5	13 mayo 2015	Fruto ramas	Huevo, Larva
6	20 mayo 2015	Fruto ramas	Huevo, Larva
7	27 mayo 2015	Fruto ramas	Huevo, Larva

Anexo 2



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN
CAMPUS PUEBLA

PROGRAMA DE POSTGRADO
ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

ANEXO 2

ENCUESTA DISEÑADA PARA LOS PRODUCTORES DE TEJOCOTE DE LOS
MUNICIPIOS DE CALPAN, DOMINGO ARENAS Y HUEJOTZINGO
PERTENECIENTES A LA SIERRA NEVADA DE PUEBLA

La información solicitada en esta encuesta será tratada confidencialmente y con fines académicos. Sus respuestas son significativas ya que servirán para un estudio de importancia científica que beneficiará a su comunidad, por lo que la información solicitada tiene que ser veraz. El objetivo de esta será obtener información acerca del barrenador del tejocote (*Conotrachelus crataegi*), así como; aspectos agronómicos y las diferentes especies de plantas que se encuentran en su comunidad.

¡GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN Y SUS RESPUESTAS!

Número de cuestionario _____

Localidad _____

Fecha _____

Nombre del encuestador _____

Instrucciones: Lea las siguientes preguntas y conteste con los conocimientos que usted ha adquirido por experiencias personales o transmitidas por parte de otras personas.

I. DATOS PERSONALES DEL PRODUCTOR

1) Nombre del productor (a) _____

2) Edad _____ 3) Sexo M () F ()

4) Escolaridad: Terminada (T) e Incompleta (I)

4.1) Primaria ()

4.2) Secundaria ()

4.3) Preparatoria ()

4.4) Licenciatura ()

4.5) Otro _____

5) Integrantes de la familia

Persona	Le ayudan en la agricultura Sí (S) No (N)	A las labores del tejacote Sí (S) No (N)	Actividades diferentes a la agricultura	Ingreso por mes
Esposa				
Hijos				
Nietos				
Padres				
Jornaleros				
Otro				

6) ¿Enumere los primeros cinco problemas que tiene que enfrentar para cultivar el tejacote?

6.1) _____

6.2) _____

6.3) _____

6.4) _____

6.5) _____

II. SISTEMA DE PRODUCCIÓN

7) ¿Qué tipo de tenencia tiene en sus parcelas de tejocote?

Tenencia	Superficie (ha) Con riego (R) Temporal (T)	Usos que se dan al árbol Raíz (R) Hoja (H) Tallo (Ta) Tronco (T) Fruto (F)	Producción obtenida cajas por árbol	Cultivos sembrados el año pasado	Destino del producto Central de abastos (C) Intermediarios (I), Mercado (M), Autoconsumo (A), Otro ¿Cuál?	Valor del tejocote precio de venta por caja
Ejidal						
Comunal						
Propietario						
Rentada						
Prestada						
A medias						
Otro						

8) ¿Cuántos árboles de tejocote tiene en esa superficie? _____

9) ¿Qué distancia hay entre las hileras de tejocote? _____

10) ¿Qué distancia hay entre los árboles de tejocote? _____

11) ¿Cuál es la edad de los árboles? (En años)

11.1) Los más pequeños 11.2) Los de edad media 11.3) Los más grandes

12) ¿Intercala sus árboles de tejocote con otros frutales o cultivos? Sí () No ()

12.1) Cultivos (Cuáles) _____

12.2) Frutales (Cuáles) _____

12.3) Tejocote únicamente ()

13) ¿Qué actividades realiza a sus árboles de tejocote y cuál es su costo?

Meses	Actividad (es)	¿Quién las realiza?	Costo
Enero			
Febrero			
Marzo			
Abril			
Mayo			
Junio			
Julio			
Agosto			
Septiembre			
Octubre			
Noviembre			
Diciembre			

14) ¿Fertiliza sus árboles de tejocote? Sí () No ()

Tipo de fertilizante	Fecha de aplicación	Cantidad que aplica por árbol	Modo de aplicación	Costo
QUÍMICOS				
Urea				
Amonio				
Cloruro de Potasio				
Otros				
ORGÁNICOS				
Abono de Gallina				
Abono de Caballo				
Abono de vaca				
Lombricomposta				
Otros				

15) ¿Quién realiza la fertilización?

¿Quién la realiza?	¿Cuántas personas la realizan?	¿Cuál es el costo?
Familia		
Jornaleros		
Ambos	Familia ____ Jornaleros ____	Familia ____ Jornaleros ____

III. MANEJO DEL BARRENADOR

16) ¿Qué plagas se le presentan en sus árboles de tejocote?

17) ¿Qué enfermedades se presentan en sus árboles de tejocote?

18) ¿Realiza control a las plagas y enfermedades del tejocote? ¿Con que lo realiza?

19) ¿Qué daños ocasionan esas plagas y enfermedades?

Plagas	Daño	Porcentaje (%)
1)		
2)		
3)		
Enfermedades	Daño	Porcentaje (%)
1)		
2)		
3)		

20) ¿Qué problema causa el barrenador del tejocote a sus árboles?

Etapa biológica	Daño que ocasiona	Etapa fenológica del tejocote	Mes (es) del año presencia del barrenador	Reconoce al barrenador en campo
Huevo				Sí () No ()
Larva				Sí () No ()
Pupa				Sí () No ()
Adulto				Sí () No ()

21) ¿Con que productos combate al barrenador?

Insecticida o Producto	Fecha de aplicación	Dosis	Número de Aplicaciones	Eficiencia (Baja 10-40% Media 41-80% Alta 81-100%)	Costo

22) ¿Al realizar las aplicaciones se protege? Sí () No ()

23) ¿Qué material o instrumentos utiliza para protegerse?

23.1) Guantes () 23.2) Gafas/Lentes () 23.3) Cubre bocas/Pañuelo ()

23.4) Traje para fumigar () 23.5) Ninguno () 23.6) Otro _____

24) ¿Quién realiza las aplicaciones? ¿Cuál es el costo por jornal? _____

24.1) Familiares () 24.2) Jornaleros () 24.3) Ambos ()

25) ¿Conoce personas que hayan sufrido intoxicación por aplicar insecticidas?

Sí () No () Edad aproximada _____

26) ¿Qué síntomas presentaron las personas?

26.1) Respiratorios () 26.2) Gastrointestinales () 26.3) Musculares ()

26.4) Otro (s) _____

27) ¿Aparte del barrenador que otras plagas conoce?

Plaga	Etapas biológicas: Huevo (H), Larva (L), Pupa (P), Adulto (A)	Daño que ocasiona	Etapas fenológicas del tejocote	Mes(es) del año de presencia de la plaga	Reconoce al insecto en campo
					Sí () No ()
					Sí () No ()
					Sí () No ()
					Sí () No ()

28) ¿Conoce las enfermedades del tejocote?

Enfermedad	Daño que ocasiona (Parte de la planta)	Etapa fenológica del tejocote	Mes (es) del año de presencia	Reconoce la enfermedad en campo
				Sí () No ()
				Sí () No ()
				Sí () No ()
				Sí () No ()

29) ¿Cuál es el porcentaje de pérdida de tejocote por daño del barrenador?

29.1) 0-25% () 29.2) 26-50% () 29.3) 51-75% () 29.4) 76-100% ()

IV. ORGANIZACIÓN Y ASISTENCIA TÉCNICA

30) ¿Pertenece a alguna organización?

Sí () No () ¿Cómo se llama? _____

31) ¿Cuántos productores la conforman? _____

32) ¿Cuál es el objetivo de la organización que han creado? _____

33) ¿Recibe algún apoyo por parte de alguna institución gubernamental (federal, estatal o municipal) para las labores del tejocote?

Sí () No () Si la respuesta es sí, ¿Cada que tiempo? _____

¿Cuánto recibe de apoyo? _____

34) ¿Recibe asesoría específicamente para la producción de tejocote? Sí () No (). Si la respuesta es sí conteste lo siguiente, si es no entonces pase a la pregunta 35.

Nombre del asesor	Organización a la que pertenece Empresa de agroquímicos (1), Universidad (2), Otro (3) ¿Cuál?	Problema a resolver	Frecuencia	Costo

35) ¿Comparte información con otros productores de tejocote?

Sí () No () ¿Cuál? _____

V. PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN

36) ¿En qué mes (es) cosecha el tejocote?

36.1) Precoz (Sep-Oct) () 36.2) Normal (Nov-Dic) () 36.3) Tardío (Ene-Feb) ()

37) ¿Qué producción total de tejocote obtuvo el año pasado (2013)?

Cantidad de cajas cosechadas _____

38) ¿Cuántos cajas obtuvo por árbol de tejocote?

39) Clasificación del fruto de tejocote, ¿Precio de venta por caja del 2013?

39.1) Primera _____ 39.2) Segunda _____ 39.3) Tercera _____

39.4) Otro _____

40) ¿Cómo transportó el tejocote el año pasado (2013) y cuál fue su costo?

40.1) Del terreno a su casa _____ Costo _____

40.2) De su casa al lugar de venta _____ Costo _____

41) ¿Cómo considera el precio de venta del tejocote?

41.1) Muy bueno () 41.2) Bueno () 41.3) Regular ()

41.4) Poco bueno () 41.5) Nada bueno ()

¿Por qué? _____

42) ¿Dónde, a quien y que cantidad de tejocote vendió el año pasado (2013)?

Lugar de venta Casa (C), Mercado (M), Tiendas (T), Intermediarios (I), Organizaciones (Or), Otros (O)	Cantidad que vendió Cajas (C)	Precio de venta (\$/ por caja)

43) ¿Realiza alguna transformación del tejocote? Sí () No ()

Transformación	Costo	Tiempo (Días)	Precio unitario
Almíbar			
Cristalizado			
Mermelada			
Ate			
Pectina			
Otro _____			

VI. PLANTAS MEDICINALES

44) ¿Sabe si las plantas que hay en su comunidad se les atribuye algún efecto medicinal? Sí ()
 No (). En caso de que la respuesta sea Sí responda lo siguiente, sino pase a la pregunta 45.

Planta (Nombre común)	Enfermedad o malestar	Dosis y por cuánto tiempo	Forma de preparar Infusión (I), Macerado (M), Cocción (C), Polvo (P) Otro (O)	Parte de la planta Raíz (R), Tallo (T), Hoja (H), Flores (F), Semillas (S), Toda la planta (P)	Mes del año

45) ¿Utiliza alguna planta para combatir/matar insectos?

Planta nombre común	Nombre insecto	Dosis y por cuánto tiempo	Forma de preparar Infusión (I), Macerado (M), Cocción (C), Polvo (P) Otro (O)	Parte de la planta Raíz (R), Tallo (T), Hoja (H), Flores (F), Semillas (S), Toda la planta (P)

46) ¿Usted ha sabido de casos de animales que hayan salido a pastar y por comer alguna planta se hayan enfermado o muerto?

Sí () No () ¿Cómo se llama la planta? _____

47) ¿Alguna planta le ha causado algún malestar? Sí () No () ¿Cuál? _____

47.1) Olerla () 47.2) Tocarla () 47.3) Cortarla () 47.4) Otro _____

48) ¿Tiene conocimiento de que algún conocido utilice plantas para matar insectos?

Sí () No () ¿Cuál? _____

OBSERVACIONES

PRODUCTOR

ENCUESTADOR

**¡LA ENCUESTA HA CONCLUIDO, POR FAVOR AGRADEZCA AL
PRODUCTOR (A) SU TIEMPO Y PARTICIPACIÓN!**