



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

**AGROECOSISTEMAS DE LA GRANA COCHINILLA EN LA ÉPOCA
COLONIAL Y SU COMPARACIÓN CON UN SISTEMA ACTUAL DE
PRODUCCIÓN EN INVERNADERO**

VIOLETA CORONADO FLORES

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE**

DOCTORA EN CIENCIAS

PUEBLA, PUEBLA

2019



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, el que suscribe **Violeta Coronado Flores**, alumno 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 de la Profesora **Dra. Laura Caso Barrera**, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **Agroecosistemas de la grana cochinilla en la época colonial y su comparación con un sistema actual de producción en invernadero**, 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 el 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, 04 de noviembre del 2019.



Violeta Coronado Flores



Vo. Bo. Profesor Consejero o Director de Tesis
Dra. Laura Caso Barrera

La presente tesis intitulada: **Agroecosistemas de la grana cochinilla en la época colonial y su comparación con sistemas actuales de producción en invernadero**; realizada por la alumna: **Violeta Coronado Flores**; bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS
ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERA:


DRA. LAURA CASO BARRERA

ASESOR:


DR. MARIO MANUEL ALIPHAT FERNÁNDEZ

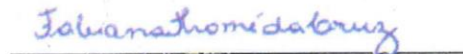
ASESOR:


DR. MIGUEL SÁNCHEZ HERNÁNDEZ

ASESOR:


DR. JOSÉ PEDRO JUÁREZ SÁNCHEZ

ASESORA:


DRA. FABIANA THOMÉ DA CRUZ

ASESOR:


DR. LIBERATO PORTILLO MARTÍNEZ

Puebla, Puebla, México, 04 de noviembre de 2019

AGROECOSISTEMAS DE LA GRANA COCHINILLA EN LA ÉPOCA COLONIAL Y SU COMPARACIÓN CON UN SISTEMA ACTUAL DE PRODUCCIÓN EN INVERNADERO

**Violeta Coronado Flores, Dra.
Colegio de Postgraduados, 2019**

El objetivo de este trabajo es realizar un estudio comparativo de los agroecosistemas de producción tradicional y colonial de cochinilla que existieron en el obispado de Tlaxcala en el siglo XVI. Estos agroecosistemas históricos no se han descrito, ni analizado como sistemas distintos. Los agroecosistemas históricos se compararon y contrastaron con el sistema actual de producción del insecto en invernadero, en Tlaxcala, México. La investigación fue cualitativa, comparativa y con una perspectiva histórica. El agroecosistema tradicional de cría de la cochinilla del siglo XVI se llevaba a cabo en huertos y los indígenas aprovechaban los nopales y tunas para la alimentación, así como los nopales para la producción de cochinilla; se basó en el conocimiento tradicional de los campesinos indígenas y se adaptó a diferentes ecosistemas. El agroecosistema colonial es el resultado del sincretismo del conocimiento tradicional indígena y el conocimiento español para la intensificación de la producción, transformándolo en un monocultivo. Este sistema productivo tuvo mucho éxito, pero se basó en la explotación constante de la mano de obra indígena, lo que finalmente llevó a su extinción. El sistema actual es un sistema intensivo, que separa la cría de grana en dos procesos, el cultivo del nopal y la cría del insecto en un ambiente protegido. Los productores de grana son campesinos, que carecían de los conocimientos técnicos agrícolas sobre la cría del insecto, pero mediante la observación, conocimiento del entorno, la movilización de sus conocimientos campesinos, el método de ensayo y error y la alta inversión laboral en la cría de la grana, han logrado obtener grana de primera calidad.

Palabras clave: *Dactylopius coccus* Costa, conocimiento tradicional, campesinos.

COCHINEAL AGROECOSYSTEMS IN THE COLONIAL PERIOD AND ITS COMPARISON WITH ACTUAL GREENHOUSE PRODUCTION SYSTEMS

Violeta Coronado Flores, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2019

The objective of this work is to carry out a comparative study of the agroecosystems of traditional and colonial production of cochineal that existed in the bishopric of Tlaxcala in the 16th century. These historical agroecosystems have not been described, nor analyzed as distinct systems. The historical agroecosystems were compared and contrasted with the current system of production of the insect on a greenhouse, in Tlaxcala, Mexico. The research was qualitative, comparative, and with a historical perspective. The traditional cochineal agroecosystem of the 16th century was carried out in orchards, and the natives took advantage of the nopales and prickly pears for food, as well as the nopales for the production of cochineal; it was based on the traditional indigenous peasant knowledge and adapted to different ecosystems. The colonial agroecosystem is the result of the syncretism of indigenous traditional knowledge and Spanish knowledge for the intensification of production, transforming it into a monocropping. This productive system was very successful, but based on the constant exploitation of the indigenous workforce, which finally led to its extinction. The current system is an intensive system, which separates the grana rearing into two processes, the nopal cultivation and the insect rearing in a protected environment. Grana producers are peasants, who lacked the technical agricultural knowledge about the production of cochineal. However, through observation, knowledge of the environment, the mobilization of their peasant knowledge, the trial and error method, and the high labor investment in the breeding of the insect, they have managed to obtain top quality cochineal.

Key Words: *Dactylopius coccus* Costa, Traditional Knowledge, Peasants.

A mi familia: Isaí, Kut, Bolacha y Patas,
por los momentos que han conformado nuestras vidas,
por ser y estar, por su inmenso amor, apoyo, paciencia y comprensión.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi gratitud a diversas personas e Instituciones que me ayudaron a lo largo de mi investigación. En primer lugar al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por haberme otorgado la beca para realizar estudios de postgrado. Al Colegio de Postgraduados y al Programa en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional (EDAR) del Campus Puebla, donde llevé a cabo mis estudios.

A la Dra. Laura Caso Barrera, mi infinita gratitud por su paciencia, por creer en mí, por su asesoría y dirección, por la exhaustiva revisión y discusión que hizo de mi trabajo y por todos sus consejos. Al Dr. Mario Manuel Aliphath Fernández por haberme brindado su apoyo durante está investigación, por sus enseñanzas y por sus sugerencias. Al Dr. José Pedro Juárez Sánchez por los comentarios que tanto me ayudaron y por su orientación. Al Dr. Miguel Sánchez por las charlas que enriquecieron este trabajo. Al Dr. Liberato Portillo y a la Dra. Fabiana Thomé por su disposición para ser parte de mi Consejo y por sus observaciones. Al Dr. Humberto Piñón, por departir sobre mi proyecto, ayudándome a clarificar ideas.

A las personas que laboran en el Colegio de Postgraduados, especialmente a la Lic. Margarita Méndez Romero por el constante apoyo que me brindó y a la Lic. María de Lourdes Rivas por ayudarme en la búsqueda de bibliografía.

A Pausal, que me dio las facilidades para realizar parte de este trabajo con su familia, especialmente a Doña Inés, Paulino y Luci, por las atenciones y enseñanzas. A la familia Romano, José Luis, Hugo y Rigoberto por brindarme su tiempo y por enseñarme

el proceso de tinción de lana con grana y elaboración de sarapes con telar de pedales;
a Juana por su amabilidad y atenciones.

A mis amigos Tere, Juan, Hídalia, Sarahí, Yes y Yani, por ser y estar a pesar del
tiempo.

Por último, deseo dar las gracias a toda mi familia, especialmente a mi abuela por su
cariño y ejemplo de trabajo arduo en la vida, a mis padres por su apoyo incondicional,
a Liz por su infinito amor y respaldo y a Isaí por ser la luz en mi vida.

CONTENIDO

Página

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.1. Problematización.....	3
1.2. Objetivos.....	11
1.3. Hipótesis.....	12
1.4. Justificación.....	13
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	17
2.1. El conocimiento ecológico tradicional en la producción de grana del siglo XVI en la región Puebla-Tlaxcala.....	17
2.2. El conocimiento campesino en la producción actual de grana en Pausal.....	24
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA	29
3.1. Construcción y descripción de los agroecosistemas tradicional y colonial de producción de grana.....	29
3.1.2. Ubicación	31
3.1.3. Obtención de información	31
3.2. Descripción del sistema actual de producción de grana, mediante el estudio de la Sociedad de Producción Rural Pausal.....	33
3.2.1. Ubicación	33
3.2.2. Recolección de la información.....	34
3.2.3. Análisis de laboratorio.....	35
3.2.3.1. Determinación del porcentaje de ácido carmínico.....	35
3.2.3.2. Análisis químico de suelo.....	36
3.2.3.3. Análisis químico de tejido vegetal	38
3.3. Comparación de los sistemas de producción de grana.....	38
3.4. Investigación sobre el uso de la cochinilla en textiles	38
CAPÍTULO 4. DOMESTICACIÓN DEL NOPAL Y LA COCHINILLA	40
4.1. Descripción del género <i>Opuntia</i>	40
4.1.1. Taxonomía de las cactáceas.....	40
4.1.2. Género <i>Opuntia</i>	43
4.1.3. Subgénero <i>Opuntia</i> (Tournefort) Miller	44
4.1.4. La serie <i>Ficus-indicae</i> Britton et Rose.....	45
4.1.5. Descripción del complejo <i>Opuntia ficus indica</i> (L.) Miller	46
4.1.6. Variedades del género <i>Opuntia</i>	48
4.2. Clasificación taxonómica de <i>Dactylopius coccus</i> Costa	49
4.2.1. Descripción de <i>Dactylopius coccus</i> Costa	53
4.3. Domesticación de especies silvestres del género <i>Opuntia</i> en	

México.....	58
CAPÍTULO 5. AGROECOSISTEMAS DE LA GRANA COCHINILLA DURANTE EL PERIODO COLONIAL	67
5.1 Obispado de Tlaxcala en el siglo XVI.....	67
5.2. Regiones productoras de grana en el obispado de Tlaxcala	73
5.3 Agroecosistemas de producción de grana en Tlaxcala en el siglo XVI.....	75
5.3.1. Lugares donde se daba poca grana en el obispado de Tlaxcala.....	75
5.3.2. Lugares donde se daba bien la grana en el obispado de Tlaxcala.....	80
5.3.3. Lugares donde se daba la grana admirablemente bien en el obispado de Tlaxcala.....	82
5.4 Agroecosistemas de producción de grana en Tlaxcala en el siglo XVI	89
5.5 Agroecosistema tradicional de producción de grana en Tlaxcala en el siglo XVI	89
5.5.1. Descripción del agroecosistema tradicional.....	91
5.6. Agroecosistema colonial de producción de grana.....	99
5.7. Calendario de actividades para la cría de grana cochinilla.....	102
5.7.1. Chapoda de nopal	107
5.7.2. Siembra de nopales nuevos	108
5.7.3. Infestación de nopales con grana	110
5.7.4. Apuntalamiento de nopales	112
5.7.5. Colocación de cercas	113
5.7.6. Mantenimiento de la nopalera	114
5.7.6.1. Chapoda de tuna	114
5.7.6.2. Limpieza de las nopaleras	114
5.7.6.3. Enfermedades de los nopales.....	115
5.7.6.4. Plagas de la cochinilla.....	115
5.7.7. Cosecha de grana	116
5.7.8. Chapoda	117
5.7.9. Sacrificio.....	118
5.7.10. Producción de grana en Cholula y sus sujetos.....	119
5.6.11. Nopaleras y nopales de Cholula.....	122
5.6.12. Conclusión.....	128
CAPÍTULO 6. SISTEMA ACTUAL DE PRODUCCIÓN DE GRANA.....	131
6.1 Descripción de la zona de estudio	131
6.1.1. Dimensión fisico-biótica.....	131
6.1.2. Dimensión social.....	133
6.1.3. Dimensión económica.....	136
6.1.3.1. Empleo.....	136

6.1.3.2. El sector primario.....	137
6.1.3.3. El sector manufacturero.....	138
6.1.3.4. Comercio.....	138
6.1.4. Dimensión cultural.....	139
6.2. Historia de Pausal	141
6.3. Estructura de la unidad familiar	146
6.4. Distribución de la fuerza de trabajo.....	148
6.5. Actividades agrícolas y no agrícolas en Pausal	150
6.6. Calendario de actividades en Pausal	151
6.7. El sistema actual de producción de grana	155
6.7.1. Producción de nopal.....	157
6.7.2. Estado nutricional de las pencas	160
6.7.3. Cría de grana	167
6.7.3.1. Obtención de cladodios de nopal.....	169
6.7.3.2. Limpieza de cladodios de nopal.....	170
6.7.3.3. Transporte a camas de infestación	171
6.7.3.4. Infestación.....	172
6.7.3.5. Levantado de camas y transporte a nopalotecas	174
6.7.3.6. Colocación de ganchos y colgado de cladodio.....	175
6.7.3.7. Monitoreo.....	176
6.7.3.8. Selección de pie de cría.....	176
6.7.3.9. Cosecha	177
6.7.3.10. Sacrificio y secado.....	178
6.7.3.11. Selección de tamaño.....	179
6.7.3.12. Empacado.....	179
6.7.3.13. Transporte al laboratorio y venta.....	180
6.7.3.14. Calendario de actividades para la cría de grana.....	181
CAPÍTULO 7. COMPARACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN.....	184
7.1. Factores abióticos.....	184
7.2. Factores bióticos.....	186
7.3. Entradas.....	189
7.4. Salidas.....	190
7.5. Manejo agrícola	192
CAPÍTULO 8. USO DE LA GRANA COCHINILLA EN TEXTILES EN CONTLA.....	197
8.1. Historia.	199
8.2. Los artesanos de Contla de Juan Cuamatzi.....	204
8.3. El proceso de tinción con grana.....	204
CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES	209
BIBLIOGRAFÍA.....	211

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Relación entre componentes del conocimiento ecológico tradicional y de los agroecosistemas	30
Cuadro 2. Número de especies de cactáceas reconocidas para México	41
Cuadro 3. Basonimias del género <i>Opuntia</i>	44
Cuadro 4. Variedades de <i>Opuntia ficus-indica</i> reconocidas por Bravo-Hollis (1978)	48
Cuadro 5. Pueblos donde se daba poca grana en el Obispado de Tlaxcala en el siglo XV	78
Cuadro 6. Pueblos donde se daba bien la grana en el Obispado de Tlaxcala en el siglo XV	81
Cuadro 7. Pueblos donde se daba muy bien la grana en el Obispado de Tlaxcala en el siglo XV	87
Cuadro 8. Sabandijas que hacen daño a la cochinilla	115
Cuadro 9. Comparativo de nopales nuevos y viejos por cabecera y por fuente.	120
Cuadro 10. Estancias de Cholula	123
Cuadro 11. Estancias de Huejotzingo	124
Cuadro 12. Estancias de Calpan	125
Cuadro 13. Estancias de San Salvador Tlalnepantla	126
Cuadro 14. Indicadores demográficos de Tlaxcala y Terrenate (2017)	135
Cuadro 15. Calendario de actividades en Pausal	152
Cuadro 16. Contenido de elementos químicos en cladodios de nopal para la cría de grana	161
Cuadro 17. Contenido de elementos químicos en el suelo de plantaciones de nopal	162
Cuadro 18. Tabla comparativa de fertilidad óptima del suelo para el crecimiento de nopal y fertilidad encontrada en el suelo de Pausal	163
Cuadro 19. Contenido de ácido carmínico en muestras de grana	181
Cuadro 20. Comparación de factores abióticos en agroecosistemas de grana	185
Cuadro 21. Comparación de factores bióticos en los agroecosistemas de grana	186
Cuadro 22. Comparación de las entradas en los agroecosistemas de nopal	190
Cuadro 23. Comparación de las salidas en los agroecosistemas de nopal	191
Cuadro 24. Comparación de métodos y técnicas agrícolas en los sistemas de producción	194
Cuadro 25. Compuestos adicionados a la tinción con grana	205

LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura 1.	Obispado de Tlaxcala en 1580	32
Figura 2.	Ubicación de Pausal, Toluca de Guadalupe, Terrenate, Tlaxcala	35
Figura 3.	Pueblos productores de grana en el obispado de Tlaxcala en el siglo XVI	74
Figura 4.	Pueblos donde se daba “poca” grana en el obispado de Tlaxcala en el siglo XVI	76
Figura 5.	Pueblos donde se daba bien la grana en el obispado de Tlaxcala en el siglo XVI	80
Figura 6.	Pueblos donde se daba admirablemente bien la grana en el obispado de Tlaxcala en el siglo XVI	83
Figura 7.	Calendario de actividades para la cría de grana en nopaleras viejas, en el obispado de Tlaxcala en el siglo dieciséis	103
Figura 8.	Calendario de actividades para la cría de grana en nopaleras viejas y recién plantadas, en el obispado de Tlaxcala en el siglo dieciséis.	105
Figura 9.	Calendario de actividades para la cría de grana en nopaleras viejas y recién plantadas con infestación de seis a doce meses, en el obispado de Tlaxcala en el siglo dieciséis.	107
Figura 10.	Estructura de la organización familiar de Pausal	147
Figura 11.	Distribución de las actividades agrícolas	151
Figura 12.	Cortes de penca a partir de la penca madre. Cortes de penca en el segundo nivel.	158
Figura 13.	Primera distribución de los nopales al interior de la nopalera	158
Figura 14.	Segunda distribución de los nopales al interior de la nopalera	159
Figura 15.	Tercera distribución de los nopales al interior de la nopalera	160
Figura 16.	Diagrama de flujo sobre la producción de grana bajo invernadero	168
Figura 17.	Obtención de cladodios de nopal	170
Figura 18.	Limpieza de cladodios	171
Figura 19.	Transporte de cladodios al interior del invernadero	172
Figura 20.	Infestación de cladodios	173
Figura 21.	Levantado de camas y transporte a nopalotecas	174
Figura 22.	Colocación de ganchos y colgado de cladodio	175
Figura 23.	Monitoreo de nopales con grana	176
Figura 24.	Selección de pie de cría de grana	177
Figura 25.	Cosecha de grana	178
Figura 26.	Sacrificio y secado de grana	179
Figura 27.	Empacado	180
Figura 28.	Calendario de cría de grana en Pausal	182
Figura 29.	Representación gráfica de los agroecosistemas de producción de grana 1 tradicional, 2 colonial y 3 actual	188

Figura 30.	Comparación de calendarios de actividades para la cría de grana en los tres sistemas de producción	196
Figura 31.	Lavado de grana	205
Figura 32.	Preparación del baño de color	205
Figura 33.	Adición del baño de color	206
Figura 34.	Tinción de fibras de lana	207
Figura 35.	Retiro de fibras	207
Figura 36.	Enjuague de fibras de lana	208
Figura 37.	Secado de lana recién teñida	208

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tuvo por objetivo realizar un estudio comparativo sobre el extinto agroecosistema tradicional de producción de grana en el Obispado de Tlaxcala en el siglo XVI, el agroecosistema colonial y el sistema actual tlaxcalteca de producción de grana bajo invernadero.

El documento está conformado por nueve apartados, además del presente, que son: problema de investigación, marco teórico, metodología, domesticación del nopal y la cochinilla, sistemas coloniales de producción de grana, sistema actual de producción de grana, comparación de los sistemas de producción, uso de colorantes en Contla, conclusiones y bibliografía.

El apartado de problema de investigación, se encuentra integrado por la problematización, objetivos, y la justificación. Esta última es abordada a partir de algunos criterios formulados por Ackoff y Miller, adaptados por Hernández *et al.* (2010: 40) como son la conveniencia, relevancia social, implicaciones prácticas y valor teórico.

El segundo apartado del marco teórico, se encuentra dividido en tres grandes subapartados cuyo eje articulador es el conocimiento tradicional. Los tres subapartados son el conocimiento ecológico tradicional en la producción de grana del siglo XVI en la región Puebla-Tlaxcala, el conocimiento campesino de los productores actuales de grana y el conocimiento local de los artesanos textiles de Contla.

En el capítulo de metodología, se expone el carácter cualitativo, comparativo y de

perspectiva histórica de la investigación, así como la metodología utilizada para la realización del estudio comparativo.

Del apartado cuarto al séptimo se describen, analizan y discuten los resultados de la investigación. En el capítulo cuatro se aborda el proceso de domesticación del nopal y la cochinilla, posteriormente se construye y describe el agroecosistema tradicional de producción de grana en el siglo XVI en el Obispado de Tlaxcala y se hace lo mismo con el agroecosistema colonial, en el capítulo seis se describe el sistema actual de producción de grana bajo invernadero y posteriormente, en el séptimo se comparan los tres sistemas antes descritos y en el octavo se aborda el caso del uso de colorantes en textiles en Contla para finalmente presentar las conclusiones .

En el octavo capítulo, se presentan las conclusiones y los alcances de la investigación conforme a los objetivos planteados y en el último apartado, se presenta la bibliografía consultada.

CAPÍTULO 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En este apartado se aborda el problema de investigación de este trabajo, vinculado a los sistemas agroecológicos y al conocimiento tradicional en la producción de grana cochinilla en Tlaxcala. El apartado se integra por la problematización, los objetivos y finalmente la justificación, elaborada a partir de los criterios que establece Hernández *et al.* (2010: 40).

1.1 Problematización

Antes de la llegada de los españoles a América, en Mesoamérica y los Andes se conocían las virtudes tintóreas de la grana cochinilla como colorante que aportaba una gama de tonos del rojo al carmín, obtenido a partir de los cuerpos secos de las hembras del insecto de la especie *Dactylopius coccus* Costa (Sánchez y Suárez, 2006: 476). En México, el textil de la cueva del gallo evidencia el uso temprano de la grana como colorante en el período preclásico medio y tardío (800 a.C. – 200 d.C.). Se considera que la grana era utilizada en la pintura mural, en la pintura de jícaras, en el teñido de textiles, pelo de animal y plumas, como producto cosmético al colocarlo sobre los dientes para teñirlos de carmín. Los tlacuilos “aquellos que escribían pintando” utilizaban la grana en los trazos de los códices (Brito, 2017:76; Ochoa y Román, 2017; Brittenham: 43, 44 , 2015; Donkin 1977: 21).

Respecto a este último uso, un estudio reciente (Domenicci *et al.*, 2017) muestra el papel central que la cochinilla tenía en la paleta de los pintores de códices prehispánicos de las regiones de la Mixteca y de Puebla-Tlaxcala. La cochinilla no sólo

se encontró en las áreas rojas de códices, que varían desde el escarlata hasta el púrpura, sino también en áreas de color rosado, café y en algunas de color gris. Además, también se identificó que se realizaban mezclas, diluciones y superposiciones de la tinta de cochinilla con otros materiales, permitiendo así la obtención de gran variedad de tonos y la modulación del tono carmín. Los principales materiales con los que se le mezclaba para los fines antes mencionados son el *tézcuatl* (*Miconia sp.*), el alumbre, la caparrosa, la goma de orquídea, el yeso, la ceniza, las arcillas y el carbonato de calcio (Domenicci *et al.*, 2017:65, 66, 68).

Aunque se ha sugerido que el colorante era conocido en Teotihuacán en el periodo Clásico a través de conexiones comerciales con el valle de Tehuacán, Humboldt lo asoció con los toltecas. Sin embargo, la evidencia conocida más importante sobre su producción es la Matrícula de tributos que data de la época postclásica; de la información que aporta este códice, se establece que la grana era recaudada por la Triple Alianza (Tenochtitlán, Tezcoco y Tacuba). Los pueblos que tributaban grana pertenecían al actual estado de Oaxaca y eran: Coaixtlahuacan (Cabecera), Texopan, Tamacolapa, Yancuitlán, Tepozcololan, Nocheztlán, Xaltépec, Tamazula, Mictlán, Cuauacaxomulo, Cuicatlán, que actualmente corresponden a San Juan Bautista Coixtlahuaca, Santiago Tejupan, Santo Domingo Yanhuitlán, Asunción Nochixtlán, Magdalena Jaltepec, San Juan Tamazola, Santa Cruz Mitlatongo, Cuasimulco, San Juan Bautista Culcatlán, quienes tributaban 40 talegas o zurroneos de grana (*ontecpanxiquipilli nocheztli*, equivalente a 60 kg) y adicionalmente Coyolapan, Etna, Cuauhilotitlán, Huaxyácac, Camotlan, Teocuitlatlán, Cuatzontlan, Octlan, Tetícpac, Tlalcuechahuayan, y Macuilxóchitl, que corresponden actualmente a Cuilapan de

Guerrero, San Pedro Etlá, Santiago Huaxolotitlán, Oaxaca de Juárez, Santiago Camotlán, Teocuitlatlán, Cuatzontlán, Ocotlán de Morelos, San Sebastián Teitipac, San Jerónimo Tlacoahuaya y San Mateo Macuiltzóchitl, que tributaban 20 talegas de grana (equivalente a 30 kg) (Biblioteca digital mexicana¹, 2018; Ros, 2004: 439; Donkin 1977: 21).

El aumento en la producción y comercio de la grana se relaciona con la llegada y establecimiento de los españoles en la Nueva España a partir de 1521. Los tintes naturales para textiles fueron productos altamente demandados en las sociedades europeas desde la época medieval. Las élites europeas le otorgaron un considerable valor al intenso color carmín que aportaba la cochinilla, mismo que también se reflejó en el precio, que fue siempre el más alto de todos los tintes americanos. El tono rojo púrpura era símbolo de poder y de realeza, de tal forma que las vestimentas de los reyes, la aristocracia y las capas altas de la iglesia católica se distinguían por usar dicho color (Marichal, 2017: 105; Marichal, 2006: 78, 79; Dahlgren, 1990: 9).

En Europa desde la edad media se usaban tintes naturales en textiles para obtener el rojo carmín, como la cochinilla polaca (*Porphyrophora polonica*), la cochinilla armenia (*Porphyrophora hamelii*), la granza (*Rubia tinctorum*) y el quermes (*Kermes vermilio*), ninguno de ellos tenía las características de la grana americana, como son la extraordinaria durabilidad, brillantez e intensidad del color cuando se usa para teñir telas de origen animal como la lana o la seda, que eran las más demandadas y valoradas desde la época medieval tardía y en la edad moderna temprana. Al teñir

¹ En adelante BDM.

telas de origen animal con grana, en presencia de algún mordiente como el alumbre, se genera una reacción química entre las proteínas de la tela y el colorante, dando lugar a un enlace permanente, lo que implica la fijación indisoluble del color en la tela. En este sentido, Lee (1951: 206) documentó que “*la grana cochinilla poseía de diez a doce veces las propiedades de teñido del quermes*”, debido al elevado contenido de ácido carmínico (Marichal, 2017: 106 ; Marichal, 2006: 78, 79).

En México el impulso a la producción del tinte por parte de las autoridades virreinales comenzó desde 1526, año en que se realizó el primer embarque a España de grana procedente de Tlaxcala y Oaxaca y se mantuvo hasta el final del periodo colonial. El comercio de la grana durante el período de 1530 a 1600 fue una de las principales actividades económicas y de exportación, sólo por debajo de las de la minería (Brito, 2017: 78; Castillo, 2001: 47).

Para satisfacer la creciente demanda de grana se utilizaron tres vías: la primera mediante el tributo que los pueblos indígenas pagaban a su encomendero (1531); la segunda por compra directa a los indígenas en sus solares y en los tianguis de los pueblos; y la tercera, que consistía en un sistema conocido como repartimiento forzoso de mercancías, mediante el cual se obligaba a los indígenas criadores de grana a entregar su producción a cambio de dinero y mercancías que se les pagaban por adelantado (Brito, 2017: 79; Sánchez y Suárez, 2006: 479; Contreras, 1996: 34).

El interés oficial en la producción de la grana se centró en Tlaxcala entre 1531 y 1535, cuando don Sebastián Rangeli de Fuenleal, presidente de la Segunda Audiencia de la Nueva España, dio la orden para que los indios del área alrededor de la ciudad se

aplicarán a la cría de la cochinilla. El interés para impulsar la producción de la grana en Tlaxcala, más que en la Mixteca, puede explicarse en parte por la facilidad con que se podían trasladar las mercancías a Veracruz, principal puerto de embarque para las exportaciones durante el período colonial (Brito, 2017: 80; Donkin, 1977: 24). Desde 1540 y hasta 1600 la mayor producción de grana se concentró en la zona de Puebla y Tlaxcala, siendo una de las actividades primordiales junto con el desarrollo de los obrajes. En las tierras del obispado de Tlaxcala (al que pertenecían, entre otros, Cholula, San Salvador Tlalnepantla, Calpan y Huejotzingo) la producción del insecto fue la principal actividad, junto con la producción de lana (Castillo, 2008: 214, 215; Castillo, 2001: 47; Gibson, 1991: 66 ; Donkin,1977: 2).

Dahlgren (1990:16) señala que *“la industria de la grana había alcanzado proporciones verdaderamente impresionantes, en el mercado de Puebla, surtido por Tlaxcala, Cholula, Huejotzingo, Tepeaca, Tecamachalco y otros pueblos, el comercio de la grana ascendía a 200 mil pesos de oro anuales. En 1561 se calculaba que los gobernadores indios de Tlaxcala hacían una venta semanal de 15 a 16 arrobas de grana (175 kg) con un valor de 900 pesos oro”*. Giordano (2010: 123) señala que los españoles que acaparaban la producción exportaban grandes cantidades a Europa y el resto se empleaba principalmente para teñir las telas que se producían en los obrajes de Tlaxcala, Puebla, Cholula y áreas circunvecinas.

Ante la gran demanda de grana, ésta comenzó a adulterarse, por lo que en 1572 se creó la figura de juez de grana con sede en Puebla de los Ángeles y en 1608 en Cholula, con la finalidad de inspeccionar las cosechas, regular los precios y determinar

la calidad de la grana cosechada, que se dividía acorde al tamaño: en grana fina, granilla, polvo de grana y grana silvestre (Castillo, 2001: 47; Juelke, 2008: 42).

La producción de grana en Puebla y Tlaxcala decreció conforme avanzó el siglo XVII, por diversas causas entre las que se cuentan; el bajo precio que se pagaba a los productores locales, los impuestos con los que se gravó al cultivo, las presiones de los alcaldes quienes utilizaban su cargo para comprar a bajo precio las cosechas, la exigencia de producir más grana que afectó la agricultura de subsistencia y modificó el sistema tradicional que los indígenas tenían de producción de grana, generando un nuevo sistema colonial, que probablemente afectó la alimentación indígena y que junto con las crisis epidémicas provocaron que la producción de grana llegara a su fin en 1663 en la región Puebla-Tlaxcala, cuando los indígenas de Cholula y Huejotzingo impacientes y cansados de sufrir tantas vejaciones de los alcaldes mayores, en una noche talaron todas las nopaleras (García-Moris, 2015: 80). Lo anterior abrió paso a la producción oaxaqueña que se incrementó hasta ocupar el primer sitio alrededor de 1650 y para 1750 Oaxaca se consolidó como la única zona donde se cosechaban cantidades importantes de cochinilla (García-Moris, 2015; Arrijoja, 2013). Sin embargo, se debe señalar que la producción de Oaxaca en el siglo XVI no se compara con la de la región Tlaxcala-Puebla.

Al parecer debido a los procesos anteriormente descritos, en la región Tlaxcala-Puebla, se perdió el agroecosistema tradicional en donde los nopales usados para producir grana se encontraban en huertos y sementeras junto a otras plantas útiles. También se perdería el agroecosistema colonial impuesto por los españoles, donde se obligó a los

indígenas a cultivar los nopales para la grana, en surcos, con medidas exactas y sin ninguna planta cercana creando así un sistema de plantación de monocultivo.

En palabras de Boege se llevó a cabo un proceso de destrucción colonial de la cultura, mediante la imposición cultural, generando con ello la destrucción de la memoria y el patrimonio biocultural, es decir la pérdida de agroecosistemas, conocimientos y formas simbólicas de apropiación de los recursos naturales por pueblos o comunidades en un territorio dado, lo que implicó la destrucción de sus medios de subsistencia, recursos naturales y la pérdida de su identidad cultural (Boege, 2017).

Los usos de la grana como tinte natural en productos textiles se mantuvieron, en un primer momento en la confección de productos en telares de cintura, y posteriormente, en la elaboración del clásico sarape de Saltillo, que es resultado de la fusión de nuevas técnicas textiles europeas en Tlaxcala (Juelke, 2008: 39-40; De la fuente, 2008:110). Actualmente en la Localidad de Contla de Juan Cuamatzi, Tlaxcala la grana se utiliza como tinte en la elaboración de textiles artesanales.

Los sistemas tradicional y colonial de producción de grana presentes en el obispado de Tlaxcala en los siglos XVI y XVII, se extinguieron a finales del siglo XVII y nunca antes han sido descritos, ni analizados como sistemas agroecológicos, ya que la importancia de la grana hacia el siglo XVII y XVIII se centró en Oaxaca, por lo que se asocia a este estado con la producción del insecto, restando importancia histórica a la producción de grana en la región Puebla-Tlaxcala, pese a que en esta zona se alcanzaron dimensiones de producción que nunca más fueron alcanzadas en México.

En la actualidad en Terranate, Tlaxcala, la Sociedad de Producción Rural Pausal produce grana cochinilla retomando la experiencia de una pequeña compañía comercial llamada “Campo Carmín”, pionera en la producción de grana en invernadero, así como con información de expertos y su propia experiencia campesina. El conocimiento campesino es una fuente de información importante, sustentado en la experiencia sobre el manejo de los sistemas de producción tradicional y el amplio conocimiento integral de los recursos genéticos, a tal grado que responde a las necesidades básicas de los campesinos y al mismo tiempo representa su estilo de vida, en el que se sintetiza su evolución cultural (Morán, 1993).

En este sentido, el conocimiento campesino procede también del aprendizaje experimental, en el que está implícita la búsqueda y ensayo de nuevos métodos de cultivo para superar limitaciones biológicas y socioeconómicas. Se origina de manera local y desde las dimensiones lingüísticas, botánicas, zoológicas, agrícolas, entre otras, en la que su información es extraída de la naturaleza a través de los sistemas de cognición y percepción, derivados de la interacción del humano y su entorno y es transmitido por tradición oral (Toledo, 1991; Altieri, 1993: 29). El conocimiento campesino permite clarificar las formas en que los campesinos perciben, conciben y conceptualizan los ecosistemas de los que ellos dependen para vivir y es un componente decisivo en la implantación de la estrategia campesina de supervivencia, basada en el uso múltiple y refinado de los recursos naturales (Toledo, 1991; Pérez-Magaña, 2008: 189).

Existen estudios donde se ha encontrado que el conocimiento campesino ha permitido

el uso, manejo y conservación de numerosos recursos genéticos, pero no se tiene claro cómo se da el proceso de generación de dicho conocimiento, ni los mecanismos que lo mantienen vigente. Lo que se sabe es que la memoria es el recurso campesino más importante y que se expresa como una síntesis histórica de conocimiento local (Toledo, 1991).

Por lo anterior, en la presente tesis se pretenden rescatar los conocimientos sobre la producción de grana en Tlaxcala, contrastando el sistema tradicional del siglo XVI, el sistema colonial de los siglos XVI y XVII y el sistema de producción actual de grana.

1.2. Objetivos

1.2.1. General

- ✓ Analizar la producción de grana en el obispado de Tlaxcala en los siglos XVI y XVII, mediante la realización de un estudio comparativo de los extintos sistemas de producción de grana “tradicional y colonial” y el sistema actual de producción de grana bajo invernadero en Tlaxcala, México.

1.2.2. Particulares

1. Describir el sistema tradicional de producción de grana en el obispado de Tlaxcala en el siglo XVI.
2. Describir el sistema colonial de producción de grana en el obispado de Tlaxcala en los siglos XVI y XVII.
3. Caracterizar el sistema actual de producción de grana bajo invernadero, mediante el estudio de la Sociedad de Producción Rural Pausal ubicado en

Toluca de Guadalupe, Terranate, Tlaxcala.

4. Contrastar los sistemas de producción e identificar ventajas y desventajas de cada uno de ellos.
5. Documentar el uso actual de la grana en la tinción de textiles en Contla de Juan Cuamatzi, Tlaxcala como medio de recuperación de conocimientos asociados al sistema tradicional de producción de grana.

1.3. Hipótesis

H₀. Los sistemas de producción de grana tradicional, colonial y actual son agroecosistemas distintos.

H₁: El sistema tradicional de producción de grana era un agroecosistema basado en conocimientos y mano de obra indígena, se ubicaba en sistemas especiales llamados huertos que tenían alta plasticidad para adecuación a diferentes ecosistemas y gran importancia económica, social y cultural para quienes los producían.

H₂: El sistema colonial de producción de grana era un agroecosistema que conjugaba conocimientos indígenas y españoles, utilizaba mano de obra indígena, se ubicaban en sistemas intensivos conocidos como nopaleras, con baja capacidad de adecuación a diferentes ecosistemas y la importancia era principalmente económica.

H₃: El sistema actual de producción de grana se basa en conocimientos y mano de obra campesina, la cría de la grana se ubica en sistemas intensivos con ambientes controlados y la importancia de la producción del insecto radica en que es parte de una estrategia de sobrevivencia campesina.

H₄: El sistema tradicional tiene como ventaja adecuación a ecosistemas distintos, sistema colonial tiene como ventaja altos rendimientos de producción y el actual tiene como ventaja el que recupera los conocimientos sobre la producción de grana

H₅: El uso de grana en la tinción de textiles en Contla es un medio de recuperación de conocimientos asociados al sistema tradicional de producción de grana.

1.4. Justificación

La justificación de este trabajo se construye mediante los criterios establecidos por Hernández *et al.* (2010: 40), que son: conveniencia, relevancia social, implicaciones prácticas, utilidad metodológica y valor teórico.

Conforme al criterio de conveniencia, se rescatarán y pondrán en relieve saberes y conocimientos ancestrales producto de una profunda cosmovisión. Los agroecosistemas de producción de grana fueron una aportación del México prehispánico para el mundo; la grana en la época colonial representó un tesoro de inmenso valor económico y cultural por sus propiedades únicas como pigmento, convirtiéndolo en el segundo producto más comercializado y rentable para la Corona española. Se mantuvo vigente como colorante textil desde el siglo XVI hasta la segunda mitad del siglo XIX y su uso se extendió por toda Europa e incluso por Asia (Roque, 2018: 25, 26). La Declaración Universal de la Diversidad Cultural establece que los saberes ancestrales son un patrimonio cuyo valor no se circunscribe a comunidades originarias, sino que son un importante recurso para la humanidad pues permiten conservar el amplio espectro de la diversidad cultural existente en una región

(United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization², 2004: 4, 5). Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), la diversidad cultural es una fuente de creatividad e innovación y su reconocimiento fomenta la inclusión social y la participación, por tal motivo debe ser protegida, promovida, reconocida y consolidada en beneficio de toda la humanidad, de las generaciones presentes y futuras; también se asegura que la diversidad cultural amplía las posibilidades de elección que se brindan a todos, ya que es una fuente de desarrollo, entendido éste no solamente en términos de crecimiento económico, sino también como medio de acceso a una existencia intelectual, afectiva, moral y espiritual satisfactoria (UNESCO, 2004: 4, 5).

En cuanto al criterio de relevancia social, la producción de grana es un tema vigente de salud pública. La cochinilla y sus productos procesados se reconocen como aditivos alimentarios seguros para el consumo humano, con una ingesta diaria admisible (IDA) de 0-5 mg/kg de peso corporal según lo establecido por el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) en 1982 (JECFA, 2000a, b); así mismo, son considerados y están permitidos para su uso en medicamentos y cosméticos (Müller-Maatsch y Gras, 2016: 392). En la Unión Europea con el código E120 está autorizado su uso en varias categorías de alimentos, incluyendo productos lácteos, helados comestibles, frutas, verduras, confitería, cereales, carne, productos de pescado, condimentos y bebidas. En el *Codex Alimentarius*, que es quien establece a nivel internacional las directrices en materia de colorantes para alimentos, está permitido su uso en bebidas lácteas, quesos, grasas para untar, helados, fruta enlatada,

² En adelante UNESCO.

mermeladas, verduras, vegetales, jaleas, productos de panadería, cereales, pastas precocidas, carnes frescas, productos cárnicos procesados, pescados, mariscos, huevo, sopas, salsas, vino, productos dietéticos, bebidas a base de agua y cerveza, entre otros (Codex Alimentarius Commission³, 2016).

Perú es el país que produce del 80 al 90 % de la cochinilla mundial, en promedio de 2000 a 2010 produjo 77 tn de cochinilla por año. Así mismo Müller-Maatsch y Gras indican que existe una gran demanda de cochinilla, para 2014 los principales países consumidores de cochinilla peruana sin procesar fueron Japón (68%), Corea del Sur (26%), Argentina (5%), Alemania y Francia (1%). Por otro lado, Europa (Alemania, España, Reino Unido, Dinamarca) (51%), Brasil (7%), Malasia (6%), México (4%), Estados Unidos (4%) y China (4%) fueron los principales destinos de cochinilla procesada (Müller-Maatsch y Gras, 2016: 387, 388). El precio de la cochinilla está valuado en 85 dólares por kilogramo en peso seco para la cochinilla no procesada y de 30 a 300 dólares la cochinilla procesada (Müller-Maatsch y Gras, 2016: 388).

Por otro lado, en cuanto las implicaciones prácticas de este trabajo el análisis comparativo de los sistemas de producción de grana permitirá a las organizaciones de productores en el país y a sus familias conocer las prácticas más eficientes de producción de grana que pueden repercutir de manera importante en sus economías. El estudio permitirá documentar las principales características, ventajas y desventajas de los sistemas de producción de grana del pasado y el presente, para entender su funcionamiento, ya que pueden aportar conocimientos o métodos útiles para los

³ En adelante CAC

productores de grana, en regiones ecogeográficas similares (Pulido y Bocco, 2014: 43).

Acorde al criterio de utilidad metodológica este trabajo sistematiza información histórica de la grana en la región Puebla-Tlaxcala a través de un trabajo de gabinete que revisa las principales fuentes históricas y documentales existentes para la producción de grana en el siglo XVI-XVII. Así mismo, describe dos sistemas agroecológicos extintos, que se desconocían y nunca antes habían sido descritos, en una región que tampoco ha sido reconocida como un área productora de grana de gran importancia en la época colonial.

Respecto al valor teórico se comparan un sistema de producción tradicional del siglo XVI, un sistema colonial, entendido como un agrosistema a cielo abierto que al parecer se extinguió en México a mediados del siglo XIX, y la nueva propuesta de producción controlada en invernadero. Esta última se analizará desde la perspectiva de una cooperativa campesina que ha adaptado la producción de grana por medio de su experiencia, conocimientos y necesidades. Se comparará un agrosistema de producción de grana a cielo abierto, con el actual sistema de producción de grana en ambientes protegidos.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. El conocimiento ecológico tradicional en la producción de grana del siglo XVI en la región Puebla-Tlaxcala

Actualmente en la literatura coexisten numerosos términos que hacen alusión al conocimiento tradicional y aunque cada término puede tener connotaciones y grupos de referencia algo diferentes, a menudo comparten significados suficientes para ser utilizados de manera intercambiable en distintos contextos; los términos más utilizados en este sentido son: conocimiento local, conocimiento indígena y conocimiento ecológico tradicional, también se utilizan: ciencia indígena, conocimiento popular, conocimiento técnico popular, conocimiento campesino, conocimiento de los agricultores, conocimiento de la tierra y saberes locales (Nakashima *et al.*, 2012: 30; Berkes, 2012: 5; Olivier de Sardán, 2005: 155; Dudgeon y Berkes, 2003: 75).

La Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) (OMPI, 2010: 13), considera que los conocimientos tradicionales se crean en un contexto tradicional, están vinculados y son parte de la identidad cultural de un pueblo específico o comunidad indígena, por lo que éstos a su vez son conocimientos locales, que cuando se asocian a un grupo étnico también son llamados conocimientos indígenas (Kuhn y Duerden, 1996: 74). La comunidad étnica es reconocida como la poseedora de los conocimientos, porque sobre ellos ejerce su custodia, preservación, conservación, posesión colectiva y transmisión (OMPI, 2010: 14).

Los conocimientos tradicionales se emplean para estudiar diversas categorías como plantas, animales, sistemas agrícolas, medicina, desarrollo, ecología, costumbres,

entre otros (Berkes, 2012: 2,3; Emery, 1997: 11; Warren, 1992: 3,4). La categoría del conocimiento tradicional que estudia en conjunto el conocimiento observacional de las especies, los fenómenos ambientales, la forma en la que las personas llevan a cabo el uso de sus recursos y las creencias sobre cómo las personas se relacionan con los ecosistemas, se denomina conocimiento ecológico tradicional (Berkes *et al.*, 2003: 12; Berkes *et al.*, 2000: 1252; Berkes, 1993: 3) y es el conocimiento a partir, del que se abordará el fenómeno de estudio de esta investigación.

El conocimiento ecológico tradicional es un cuerpo acumulativo de conocimiento, prácticas y creencias, que evoluciona mediante procesos de adaptación y se transmite de generación en generación a través de la transmisión cultural, acerca de la relación de los seres vivos entre sí (incluidos los humanos) y con su entorno (Torres Méndez *et al.* 2019: 149; Singh *et al.* 2010: 511; Berkes *et al.*, 2000: 1252).

Los indígenas campesinos del siglo XVI poseían y resguardaban un conocimiento ecológico tradicional, que les permitió domesticar a la grana y tener un sofisticado agroecosistema del nopal-grana. Los pueblos indígenas mayoritariamente hablantes de náhuatl que analizamos en esta tesis, criaban grana específicamente en la región Tlaxcala-Puebla (Gerhard, 2000: 116, 227, 333). Eran agricultores que buscaban primordialmente satisfacer las necesidades de su familia, poseían tecnologías propias, una parte de su producción agrícola estaba destinada para la alimentación de su familia, de los animales y del mantenimiento de sus siembras, otra parte de la producción estaba dedicada a la celebración de fiestas a lo largo del año agrícola y por supuesto, también se empleaba para el pago de sus tributos. Cumplen con las

principales características propuestas por Wolf (1971: 12,14,16,19), que los caracterizan como campesinos. Es decir, cuentan con los tres fondos, un fondo de reemplazo, un fondo ceremonial y un fondo de renta, por lo que se afirma que los productores de grana en el siglo XVI eran indígenas campesinos.

En el conocimiento que detentaban estos campesinos se identifican los tres componentes que constituyen el conocimiento ecológico tradicional de acuerdo con Berkes *et al.*, es decir, el cuerpo acumulativo de conocimientos, las prácticas y las creencias (Berkes *et al.*, 2000: 1252). Respecto al primero, los indígenas eran los poseedores de los conocimientos sobre la cría de la grana y esto se evidencia en los documentos históricos donde los españoles narran que los indígenas la producían, pero también que había lugares en el obispado de Tlaxcala con las condiciones agroclimatológicas adecuadas para la cría del insecto, donde no se producía debido a que los indios no se “daban” a la cría del mismo. Había un avanzado conocimiento, que está documentado en Cholula y Tlaxcala sobre las especies, la biología, los hábitos de crecimiento, los ciclos de vida, los factores climatológicos, las plagas, las enfermedades de la grana y el nopal y la relación ecológica entre ambos. Así mismo desarrollaron las tecnologías para criar y transformar los insectos en un tinte ampliamente valorado desde tiempos prehispánicos (Acuña, 1985: 29, 69, 77, 106, 121, 131, 254, 256, 258-260, 265, 370, 482, 487; Gómez de Cervantes, 1944: 163,181).

Con respecto a las prácticas en torno a la grana, tenemos las fechas para la siembra del nopal y la cría del insecto, las labores específicas destinadas para las nopaleras,

las técnicas de sacrificio, secado y preservación adecuadas para la grana en la región; por ejemplo, los indígenas desarrollaron técnicas que facilitaban la preservación y transporte de la grana elaborando pastillas o panes de tinte, técnicas que resguardaron celosamente y no compartieron con los españoles. La grana regularmente se vendía suelta o la empacaban en talegas, pero los indígenas tlaxcaltecas lograron procesarla, purificarla y cuajarla en forma de “panecitos”, llamados *nocheztlaxcalli*, que evitaban que la grana se “abochornará y desgajará” como en el caso de las talegas (Dahlgren, 1990: 14).

Finalmente, con base en las creencias se debe resaltar la importancia de la transformación de la grana en un colorante rojo, que tenía un significado cultural y simbólico para los pueblos nahuas. Se utilizaban los términos “la tinta negra y la tinta roja” (*tlili tlapalli*) para hacer una referencia simbólica a los códices y por consiguiente al conocimiento, a la memoria, a la tradición ancestral y a la sabiduría (Leon Portilla, 2017: 224-225; Dupey, 2015: 238; León Portilla 2009: 15-16; Dupey, 2009: 217-219). Esto nos muestra la importancia que tenía el color rojo y en particular la tinta roja.

La grana se domesticó y se transformó en colorante desde antes de la llegada de los españoles, se utilizó en Tlaxcala para teñir ropajes, pelos de liebres y conejos, y las mujeres la empleaban como cosmético (Acuña, 1985: 133, Dahlgren, 1990:14; Muñoz, 2006: 79). En cada casa los indios tenían los tunales de grana cochinilla en huertos protegidos junto con frutales, magueyales y maizales (Acuña, 1985: 75; Muñoz, 2006: 80). Los tunales eran también parte del paisaje, la mayoría de ellos estaban destinados a criar grana (Acuña, 1985: 110). Altieri (1992: 337) considera que los campesinos

utilizan, mantienen y preservan áreas de ecosistemas naturalizados, dentro o adjunto a sus propiedades, áreas de las cuales obtienen alimentos importantes, plantas tintóreas, materiales de construcción, medicinas, combustibles, etc.

Otro elemento recurrente en la conceptualización del conocimiento ecológico tradicional es la transmisión cultural, que es un mecanismo que permite la adaptación cultural de una población mediante transferencia de conocimiento entre las personas de la misma generación y/o de generaciones diferentes (Cavalli-Sforza y Feldman, 1981: 54, Torres-Méndez *et al.* 2019: 149).

En esencia la transmisión de conocimientos puede ser: vertical, es decir, la transmisión de conocimientos de padres a hijos, en las modalidades uniparental o biparental, con alta especialización de las actividades al interior de la familia, así como división del trabajo acorde al sexo; puede ser también horizontal, es decir, un tipo de transmisión de conocimiento que está restringida a los miembros, relacionados o no, de la misma generación, se puede dar al interior de la familia (intrafamiliar) o entre compañeros de la misma edad (extrafamiliar); y finalmente, la oblicua, es decir, la transmisión del conocimiento de un miembro de una generación dada a los miembros de una generación posterior, sin que sean hijos o descendientes directos, por ejemplo, cuando otros miembros de la familia (intrafamiliar) o cuando otros miembros del grupo social (extrafamiliar), además de los padres, contribuyen a la educación de los niños (Cavalli-Sforza y Feldman, 1981: 54).

Emery se refiere a los medios de transmisión de conocimientos de individuo a individuo, que pueden ser las canciones tradicionales, los cuentos, las leyendas, los

sueños, los métodos y las prácticas que se conservan en la forma de recuerdos, rituales, ritos de iniciación, ceremonias o danzas, ocasionalmente en objetos entregados de padre a hijo o de madre a hija y generalmente sin diferenciar entre el conocimiento y las prácticas seculares y sagradas (Emery, 1997: 9).

En las imágenes que ilustran el documento de Gómez de Cervantes (1944: 165-171), se observa que la práctica era el medio de transmisión de los conocimientos sobre la grana de padres a hijos, es decir se identifica la transmisión vertical, biparental con alta especialización de actividades y la cría de la grana no sólo estaba en manos de los hombres, sino que también participaban las mujeres y los niños en las labores culturales de la crianza del insecto.

El conocimiento ecológico tradicional de los indígenas productores de grana se vio afectado con la imposición de nuevas formas de cultivo y producción implementadas por los españoles, que mediante la sobreexplotación buscaban obtención de ganancias (Archivo Histórico de Asturias⁴, Fondo Pivald, C11249/01, 1600), es decir una racionalidad diferente a la campesina descrita por Wolf (1971: 10, 11) donde las estrategias de vida configuradas con base en el conocimiento de los ecosistemas y la cultura constituyen un recurso fundamental para la reproducción de la unidad familiar y sus sistemas de producción (Mora, 2008: 126). Una amplia gama de estrategias le permite al campesino tal reproducción, pero, el uso de mano de obra familiar, el conocimiento que tiene sobre el medio y la integración de múltiples actividades para

⁴ En adelante AHA

asegurar el ingreso constituyen los pilares fundamentales de las estrategias de vida de las sociedades campesinas (Mora, 2008: 126).

El cambio en los conocimientos debido a las presiones de la occidentalización, la comercialización y la monetarización generan la hibridación de los conocimientos tradicionales con elementos externos (Ruddle, 1994: 163), que en algunos casos, ponen en riesgo los saberes locales generando la destrucción de conocimientos con un impacto cultural de incalculables consecuencias (Toledo, 2005: 16).

Para el caso de la grana, tal hibridación de conocimientos se puso en práctica durante el siglo XVI en la zona de Cholula, donde se implementaron técnicas españolas para la cría de este cultivo tradicional (AHA, Fondo Pividal, C11249/01, 1600; Acuña, 1985: 254-260). Hunn (1993: 13) explica la tendencia hacia el sincretismo del conocimiento tradicional *“Las nuevas ideas y técnicas pueden incorporarse a una tradición dada, pero sólo si encajan en el complejo tejido de las prácticas y entendimientos tradicionales existentes”*. Las técnicas y la racionalidad española aplicada para la cría de grana en la región Puebla-Tlaxcala no encajaron en ese tejido de prácticas y entendimientos tradicionales y a finales del siglo XVI y principios del siglo XVII los indígenas de la zona decidieron acabar con sus nopaleras (Castillo, 2013: 399; Castillo, 2001: 59-63), al tiempo que también acabaron con el conocimiento ligado al cultivo e incluso al uso de la grana porque la cría del insecto atentaba contra el desarrollo de sus actividades de subsistencia, poniendo en riesgo la reproducción de sus unidades familiares.

Los indígenas decidieron olvidar ese conocimiento tradicional milenario para asegurar su alimentación, de tal forma que al cortar sus nopaleras y quemarlas se desterró dicho conocimiento. De esta forma se perdió el conocimiento sobre el agroecosistema nopal-cochinilla en la zona de estudio. A partir de la pérdida del agroecosistema también desapareció el conocimiento sobre el uso del insecto como tinte. En términos de Velasco (1992: 16), Butler (2006: 108) y Berkes (2012: 4), los indígenas terminaron con el conocimiento tradicional como producto y también con el conocimiento tradicional como proceso acumulativo de transmisión cultural histórica.

2.2. El conocimiento campesino en la producción actual de grana en Pausal

A inicios del siglo XX, se comenzaron a detallar los "sistemas de conocimientos" relacionados con temas como la agricultura y la ecología en el contexto de etnografías más amplias de sociedad y cultura, poniendo en relieve cómo los conocimientos y las creencias sobre temas "técnicos" son en gran parte inseparables de la cosmología y de la religión local por un lado, y del orden social y de las relaciones predominantes de autoridad, por otro (Leach y Fairhead, 2002: 21)

Mora (2008:125) utiliza el término "conocimiento campesino" de forma intercambiable con el término "livelihoods" (Ellis, 2000: 2) para referirse no sólo al conocimiento técnico agrícola (Olivier de Sardan, 2005: 157, 158), sino también a las estrategias de vida campesinas, transmitidas de forma cultural, configuradas con base en el conocimiento de los ecosistemas y de la cultura, que incluyen capacidades, valores naturales, valores físicos, valores humanos, valores financieros, valores sociales y actividades de

las familias campesinas que les permiten la reproducción de la unidad familiar y de sus sistemas de producción (Ellis, 2000: 2; Mora, 2008: 125).

Pausal, es una sociedad de producción rural integrada por una familia tlaxcalteca, que decidió emprender la producción de grana en invernadero debido a una charla con un investigador del Instituto Politécnico Nacional. Las personas que integran Pausal son agricultores familiares, entendiendo por agricultura familiar la “forma de organizar la agricultura... que depende preponderantemente del trabajo familiar, tanto de mujeres como hombres. La familia y las actividades productivas están vinculadas, coevolucionan y combinan funciones económicas, ambientales, sociales y culturales.” (Food and Agriculture Organization⁵, 2013: 1).

La agricultura familiar forma parte y contribuye al mantenimiento del entorno, dado que ayuda a la preservación de la biodiversidad y a la transferencia de conocimientos, tradiciones y costumbres de generación en generación. La parcela no es sólo un lugar de producción, es un espacio en donde los niños crecen en contacto con la actividad agrícola y las dinámicas ecológicas que posibilitan el conocimiento de los cultivos y animales, es decir es un laboratorio natural de importancia para comprender y entender las relaciones con el medioambiente (Garner y de la O, 2014; De la O y Garner, 2012; Ploeg, 2014: 62,63).

Los agricultores de Pausal, también son campesinos; se ubican en un área rural, emplean mano de obra familiar, se diferencian y sitúan lejos de la agricultura empresarial, ya que aunque en cierta forma están dentro de la dinámica de mercado, la

⁵ En adelante FAO

finalidad de su trabajo es satisfacer sus necesidades, esto es, asegurar su subsistencia, más que obtener ganancias (Wolf, 1971: 10, 12). En Pausal la producción se destina para alimentar a la familia, comprar semillas, adquirir y renovar herramientas, cubrir los compromisos de las mayordomías, fiestas del pueblo, faenas, pago de tarjetas de agua, renta de tierra, mandar a la escuela a los niños, en otras palabras, cubrir los fondos de reemplazo, ceremonial y renta que los caracterizan como campesinos, de acuerdo con Wolf (1971: 14, 16, 17, 19).

La familia, es la unidad de producción de la economía campesina y se ocupa principalmente en actividades agrícolas, aunque también puede dedicarse a otras actividades como la artesanía o el empleo asalariado (Thorner, 1963), tal como sucede en Pausal. La organización de la unidad campesina está determinada por la composición y número de integrantes de la familia, su coordinación y sus demandas de consumo (Wolf, 1971: 24, 88, 89, 95, 96). Pausal está integrada por nueve miembros, tres mujeres, tres hombres, dos adolescentes y una niña, todos unidos por lazos de consanguineidad y dirigidos por la jefa de familia.

Pausal no contaba con el conocimiento tradicional o con un conocimiento técnico agrícola sobre la cría de grana o sobre su uso, pero sí con conocimientos agrícolas sobre otros cultivos como el maíz, la cebada y hortalizas y un amplio bagaje de conocimientos campesinos entendidos en el sentido que sugiere Mora (2008: 125), que les ha permitido sacar adelante a su empresa y producir grana de excelente calidad.

El conocimiento campesino es importante pues permite desarrollar, aprender, emplear y dar significado a una gran gama de actividades económicas y valores para mejorar el

bienestar, mediante la utilización de diferentes estrategias de vida, como la intensificación agrícola, la diversificación de actividades, la diversificación de los medios de vida, la migración y las remesas, entre muchas otras (Ellis, 2000: 2 ; Scoones, 1998: 8, 9).

En Pausal, la diversificación de actividades es la estrategia predominante, ya que la producción de grana se sumó a el cultivo de maíz, cebada, hortalizas, jitomate, así como al empleo asalariado en actividades no agrícolas como el comercio y el transporte, dicha diversificación es una vía para minimizar el riesgo y maximizar el uso de la mano de obra familiar (Ellis, 2000: 4).

El conocimiento campesino como el que encontramos en Pausal, es un conocimiento tradicional, pero según Berkes *et al.*, (2000: 1252) probablemente ningún conocimiento tradicional es puramente tradicional, ya que debido al sincretismo que lo caracteriza, siempre se incorporan el conocimiento científico y la práctica local. Emery, partiendo de lo anterior, considera que se pueden diferenciar dos tipos de conocimiento tradicional, el antiguo y el moderno, el primero es el conocimiento tradicional propiamente dicho, es decir el ancestral, el que es transmitido de manera vertical u oblicua, de generación en generación y el segundo es el adquirido de manera horizontal, adquirido en las circunstancias actuales (Emery: 1997: 9, 33).

En Pausal se observan ambos tipos de conocimiento, el conocimiento tradicional antiguo evidenciado mediante lo que hasta el momento hemos llamado conocimiento campesino y el conocimiento tradicional moderno relacionado con la producción de grana, que Pausal adquirió de manera horizontal a través de flujos de conocimiento

científico, es decir mediante cursos, capacitaciones, asistencia a foros de productores y de la aplicación y movilización del conocimiento campesino en la cría de grana y de la práctica local.

Por otro lado, Grenier (1999: 1) denomina de forma genérica, a este “conocimiento tradicional moderno” como “conocimiento local o autóctono”, reconoce que la gente que vive de la tierra, posee su propio conocimiento, un conocimiento que se crea en el entorno local, por personas que viven y usan los recursos de un lugar (Berkes *et al.*, 2003: 12), debe notarse que este conocimiento incluye las relaciones ecológicas con el entorno local.

En el caso de Pausal, el conocimiento tradicional moderno (Emery, 1997: 33) sobre la producción de grana, que de ahora en adelante llamaremos conocimiento local (Grenier, 1999: 1), se originó a partir de un conocimiento científico, la movilización y utilización de los conocimientos tradicionales campesinos y el conocimiento generado a través de las observaciones y adecuaciones de la cría de grana en la localidad de Toluca de Guadalupe, Terrenate, Tlaxcala.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

La presente investigación es cualitativa, de tipo comparativo y con una perspectiva histórica. Para cumplir con el objetivo propuesto, se realizó un análisis de fuentes históricas primarias y secundarias, a partir de las cuales se identificaron dos sistemas de producción de nopal-grana en el obispado de Tlaxcala en los siglos XVI y XVII, posteriormente se construyeron los agroecosistemas de producción de grana prehispánico (tradicional) y colonial y finalmente se describieron y compararon con el sistema actual de producción de grana en invernadero, empleando la metodología de Caso-Barrera y Aliphath (2006), Caso-Barrera (2007) y Caso-Barrera y Aliphath (2012).

3.1. Construcción y descripción de los agroecosistemas tradicional y colonial de la grana cochinilla.

Para construir los agroecosistemas se empleó un enfoque agroecológico, debido a que se observó que este enfoque utiliza el conocimiento ecológico tradicional, es decir al conjunto de conocimientos que incluye el conocimiento observacional de las especies, los fenómenos ambientales, la forma en la que las personas llevan a cabo el uso de sus recursos y las creencias sobre cómo las personas se relacionan con los ecosistemas, (Berkes *et al.*, 2003: 12; Berkes *et al.*, 2000: 1252; Berkes, 1993: 3) para identificar e interpretar la estructura, la dinámica y las relaciones de los agroecosistemas nopal-grana.

En este trabajo se entiende por agroecosistema a un ecosistema que contiene especies cultivadas agrícola, mismo que se puede analizar como un sistema

tradicional, que se caracteriza por contener diversidad de especies, que tienen necesidades pequeñas de insumos externos, debido a sus semejanzas en estructura y función a los ecosistemas naturales (Odum, 1984: 7-10; Restrepo *et al.*, 2000: 18).

Se consideraron para fines de este análisis cuatro componentes de los conocimientos ecológicos tradicionales propuestos por Berkes *et al.* (2003: 12), Berkes *et al.* (2000: 1252) y Berkes (1993: 3), que fungieron como dimensiones para agrupar los elementos que se utilizaron para la descripción del agroecosistema según Gliessman (2002) y Restrepo *et al.* (2000: 19), es decir a manera de ejemplo, la dimensión del “conocimiento” utilizó a los factores abióticos, factores bióticos, entradas y salidas para la descripción del agroecosistema, mismos que se detallan a continuación:

Cuadro 1. Relación entre componentes del conocimiento ecológico tradicional y de los Agroecosistemas.

Componentes del conocimiento tradicional (Berkes <i>et al.</i> , 2003; Berkes <i>et al.</i> , 2000; Berkes, 1993)	Elementos del agroecosistema (Gliessman, 2002 y Restrepo <i>et al.</i> , 2000)	
Conocimiento	Abióticos	radiación solar
		lluvia
		viento
		fuentes de humedad
		topografía
		suelo
	Bióticos	especies de cultivo
		plantas asociadas
		animales asociados
		seres humanos
	Entradas	herramientas
		fuentes de fertilización
cercas		
Salidas	mano de obra externa al sistema	
	producción agrícola	
Práctica	Formas de manejo agrícola	técnicas y métodos
Creencia	Creencias	interacción cultural
Transmisión cultural	Interacciones	proceso ambientales y biológicos
		Interacción social y económica

Fuente: Elaboración propia con base en Berkes *et al.*, 2003; Berkes *et al.*, 2000; Berkes, 1993, Gliessman, 2002 y Restrepo *et al.*, 2000

3.1.2. Ubicación

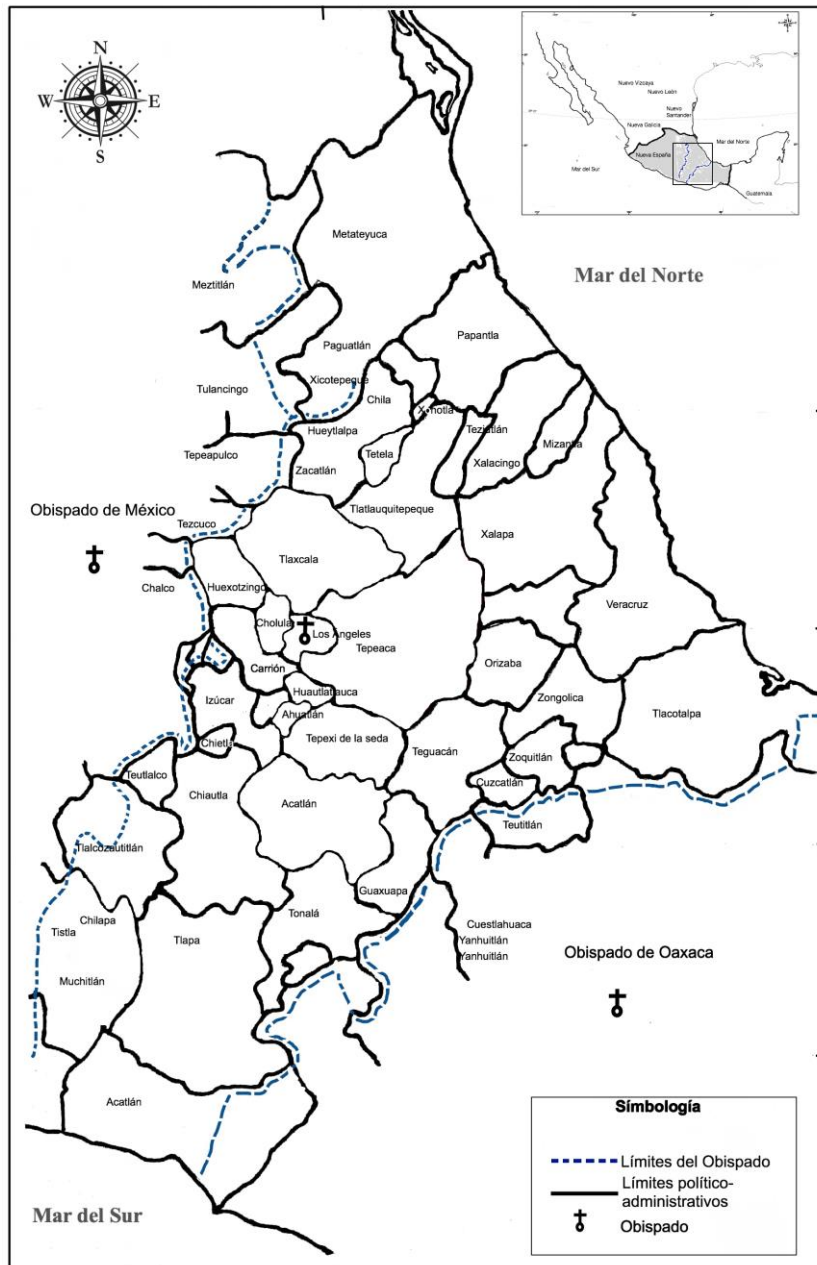
Para la descripción de los agroecosistemas tradicional y colonial de producción de grana, se consideró como zona de estudio el Obispado de Tlaxcala (Figura 1), acorde a la delimitación del virrey Mendoza en el siglo XVI, debido a que en esta demarcación eclesiástica se incentivó la producción de grana e incluye diversos pueblos que produjeron grana en la región (Gibson, 1991: 66).

3.1.3. Obtención de información

Se revisaron y analizaron fuentes históricas primarias y secundarias para construir la región de estudio, delimitando a los pueblos productores de grana. Los pueblos productores de grana identificados en la literatura se regionalizaron y describieron acorde a su potencial productivo en: pueblos “*donde se daba poca grana cochinilla*”, “*donde se daba bien la cochinilla*” y “*donde se daba admirablemente bien la cochinilla*”, términos utilizados para referirse a la producción de grana en las Relaciones geográficas del siglo XVI (Acuña, 1985) y en la Relación de los lugares y pueblos donde se saca la grana de la ciudad de Cholula (Archivo Histórico de Asturias, C11249/01, 1600).

Para la descripción del agroecosistema colonial de producción de grana, que es del que se tiene mayor información, se realizó la paleografía del documento de 1600 “*La Relación de los lugares y pueblos donde se saca la grana de la ciudad de Cholula y sus sujetos echa por Alonso de Nava, Juez de Comisión para el beneficio de ella, por el Ilmo. Señor Conde de Monterrey*” (Archivo Histórico de Asturias, C11249/01, 1600) y el

análisis del mismo.



Fuente: Elaboración propia con base en Acuña (1985), Ochoa (1985:226) y Gerhard, (2000:18)

Figura 1. Obispado de Tlaxcala en 1580

La información obtenida se vació en dos matrices, en la primera se colocaron los

factores abióticos de los pueblos productores de grana, mismos que se promediaron para obtener las factores abióticos tipo del agroecosistema y la segunda se utilizó para contabilizar nopales, inferir la superficie sembrada, el número de pencas y los rendimientos de producción del agroecosistema en el siglo XVI.

Mediante el análisis, principalmente de tres documentos históricos: la relación sobre el beneficio de la grana cochinilla que escribió en 1599 Gonzalo Gómez de Cervantes en “La vida económica y social de la Nueva España” (Gómez de Cervantes, 1944), la relación particular de la grana escrita en 1576 por Diego Muñoz Camargo en “Historia de Tlaxcala” (Muñoz, 2013) y la Relación geográfica de Cholula de Gabriel de Rojas escrita en 1579 (Acuña, 1985), se realizó el calendario de actividades para la cría de la grana cochinilla.

3.2. Descripción del sistema actual de producción de grana, mediante el estudio de la Sociedad de Producción Rural Pausal.

Para caracterizar el sistema actual de producción de grana se realizó un estudio de caso, considerando como unidad de análisis a la Sociedad de Producción Rural Pausal. En el análisis del sistema se consideraron los componentes previamente descritos para los agroecosistemas tradicional y colonial.

3.2.1. Ubicación

La cooperativa Pausal S.P.R. de R.L. se ubica en Toluca de Guadalupe, Municipio de Terranate, Tlaxcala (Figura 2). El municipio de Terranate se localiza al noreste del estado de Tlaxcala, colinda al norte con los municipios de Emiliano Zapata y Lázaro

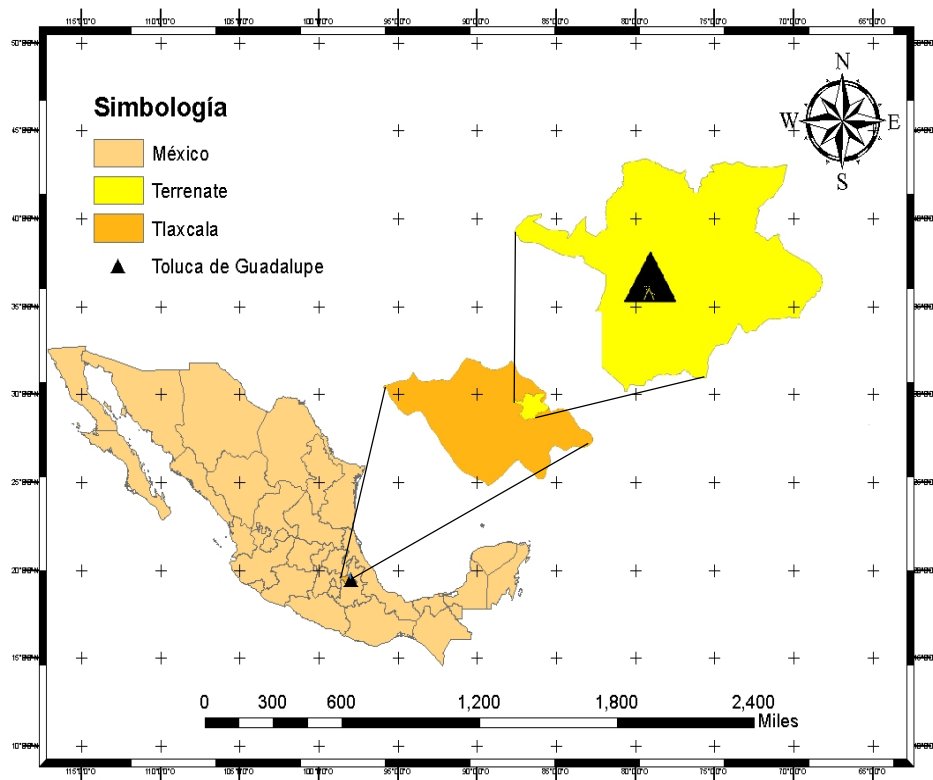
Cárdenas, al sur con los municipios de Huamantla y Xaloztoc, al oriente con los municipios Alzayanca y con el estado de Puebla y al poniente con el municipio de Tetla de la Solidaridad. Tiene un rango de altitud de 2680 msnm, esta área se caracteriza por presentar clima templado subhúmedo, con régimen de lluvias en los meses de junio a septiembre. La vegetación está compuesta principalmente por bosque de pino y oyamel. Los tres principales suelos de la zona son cambisoles, litosoles y andosoles (INEGI. Carta Hidrológica de Aguas Superficiales, 1:250 000; INEGI. Carta de Climas, 1:1 000 000; INEGI. Uso Potencial, Agricultura, 1:1 000 000).

3.2.2. Recolección de información

Se realizaron entrevistas exploratorias a los integrantes de Pausal para familiarizarse e identificar los conceptos básicos y categorías de estudio. Se tomó como base el proceso de producción de grana descrito por Coronado (2011: 77). Para coleccionar los datos se emplearon tres técnicas cualitativas antropológicas, a saber: observación participante, entrevistas semiestructuradas y entrevistas a profundidad con informantes clave. La observación participante permitió ver cómo los campesinos usan sus conocimientos aplicándolos a la cría de grana cochinilla. Las entrevistas permitieron entender como las personas describen y conciben sus vidas, el sistema de producción y su entorno natural, y las entrevistas a profundidad sirvieron para proveer información de expertos locales sobre el conocimiento profundo de los campesinos que crían grana en Terrenate, Tlaxcala (Martin, 1995: 96; Morán, 1993: 58).

Con el apoyo de una grabadora se recopilaron las entrevistas, a través de ellas se coleccionó información detallada, que permitió describir al sistema de producción de grana.

La observación directa durante los recorridos en campo, permitió recabar notas y fotografías sobre el proceso de producción de grana (Martin, 1995: 105).



Fuente: Elaboración propia, con base en INEGI

Figura 2. Ubicación de Pausal, Toluca de Guadalupe, Terrenate, Tlaxcala.

3. 2. 3. Análisis de laboratorio

Como parte del proceso de descripción del sistema actual de producción de grana se determinaron contenidos de ácido carmínico del insecto y el estado nutricional de las pencas mediante la realización de análisis de suelo y análisis de tejido vegetal.

3.2.3.1. Determinación del porcentaje de ácido carmínico

La calidad de la grana se midió a través del porcentaje de ácido carmínico. Se tomaron muestras de grana considerando los métodos de sacrificio y secado utilizados por Pausal y por Gómez de Cervantes (1944: 174-176), el primero es un método de secado al interior del invernadero postoviposición; y en el segundo se replicó el método de sacrificio y secado que era considerado el mejor por Gómez de Cervantes en el siglo XVI (1944:174-176) y consistía en colocar la cochinilla en una olla con agua muy caliente, en seguida, se pasaba el contenido de la olla por un cedazo, donde se retenía la grana, ésta última se tendía en una estera al sol. Esto nos permitió comparar la calidad de la grana en ambos métodos de sacrificio y darnos una idea sobre la calidad de grana que se producía en el período colonial. La extracción y cuantificación del contenido de ácido carmínico se realizó en los laboratorios de fitoquímica del Colegio de Postgraduados. La determinación del contenido de ácido carmínico se realizó por triplicado, utilizando la metodología propuesta por González *et al.* (2002).

3.2.3.2. Análisis químico de suelo

Se tomaron muestras de suelo de las plantaciones donde se colectaron los cladodios, siguiendo el procedimiento de muestreo para determinar fertilidad de suelos de la norma NOM-021-SEMARNAT-2000. Se utilizó el método de muestreo sistemático en zig-zag debido a que toma en cuenta los gradientes de fertilidad y combina los métodos de muestreo aleatorio irrestricto y el sistemático (Aguilar, 1987; Aguilar *et al.*, 1987). Después de definir las unidades de muestreo, se trazó un curso en zig-zag iniciando por un lado del terreno, escogiendo al azar el punto de partida para definir el plano de muestreo (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT, 2002).

Definido el plano de muestreo, y debido a que las unidades de muestreo fueron inferiores a dos hectáreas, se tomaron 30 submuestras de volumen similar y grosor uniforme (SEMARNAT, 2002). Para tomar las muestras se removieron residuos orgánicos no descompuestos y se evitaron irregularidades y bordes del terreno, la profundidad del muestreo fue de 0-30 cm (Aguilar *et al.*, 1987: 11).

Se formó una muestra compuesta al mezclar y homogeneizar las submuestras, y se utilizó el procedimiento de “cuarteo diagonal” para reducir el tamaño de la muestra; se extendió la muestra sobre una superficie limpia y dividió en cuatro partes iguales de las cuales se desecharon dos (Aguilar, 1987), éste procedimiento se repitió hasta tener aproximadamente 1 kg de suelo (Aguilar *et al.*, 1987: 9).

Las muestras provenientes del campo se secaron, extendiéndolas sobre una superficie limpia, aireada y posteriormente se colocaron en bolsas de plástico rotuladas para preservarlas hasta su análisis en laboratorio (Aguilar, 1987).

En las muestras de suelo se determinaron densidad aparente (Dap), textura, conductividad eléctrica (CE), capacidad de intercambio catiónico (CIC), pH, materia orgánica (M.O), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), zinc (Zn), sodio (Na), nitratos y nitrógeno amoniacal. Las determinaciones se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Vegetal del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

3.2.3.3. Análisis químico de tejido vegetal

Las determinaciones de nutrientes minerales fueron realizadas utilizando cinco cladodios de plantas de nopal en pie, de los cuales se obtuvieron muestras de tejido vegetal de 1 cm² aproximadamente. Se determinaron los niveles de nitrógeno, potasio, fósforo, azufre y calcio (N, K, P, S y Ca), que son los elementos determinantes de la calidad del carmín (Vigueras y Portillo, 1995), adicionalmente también se realizaron determinaciones de hierro, zinc, magnesio y sodio (Fe, Zn, Mg y Na).

Para la determinación de N, K, P y Ca se utilizó la metodología de digestión húmeda con mezcla de doble ácido y para la evaluación del contenido de S el método de digestión ácida simple. Los análisis químicos de las muestras se realizaron en el Laboratorio de nutrición vegetal del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

3. 3. Comparación de los sistemas de producción

Para realizar la comparación de los tres sistemas de producción, de los cuales dos son históricos históricos y uno actual, se empleó la metodología utilizada por Caso-Barrera y Aliphath (2006), Caso-Barrera (2007), Caso-Barrera y Aliphath (2012).

3.4. Investigación sobre el uso de la grana cochinilla en textiles

Se realizó una investigación documental sobre el uso de grana cochinilla en la tinción de textiles en Contla de Juan Cuamatzi, Tlaxcala como medio de recuperación de conocimientos asociados al sistema tradicional de producción de grana. La grana utilizada por dichos artesanos es comprada a la cooperativa Pausal.

Se realizó observación participante y entrevistas a profundidad a artesanos que tiñen textiles con grana cochinilla en el Municipio de Contla de Juan Cuamatzi. La observación participante permitió ver cómo los artesanos desarrollan sus conocimientos sobre tinción en práctica y las entrevistas en profundidad sirvieron para proveer información de expertos locales sobre el conocimiento profundo de los artesanos (Martin, 1995: 96; Morán, 1993 : 58).

Por medio de una grabadora se almacenó la mayor cantidad de entrevistas, por medio de las cuales se obtuvo información detallada, que permitió describir el proceso de tinción de lana con grana. La observación directa durante los recorridos en campo, permitió recabar notas y fotografías sobre el proceso de tinción (Martin, 1995: 105).

CAPÍTULO 4. DOMESTICACIÓN DEL NOPAL Y LA COCHINILLA

4.1. Descripción del género *Opuntia*

A continuación se detalla la clasificación taxonómica de las cactáceas, se pone énfasis en el género *Opuntia*, que agrupa al subgénero *Opuntia* (Tournefort) Miller, a la Serie *Ficus-indicae* y a la especie *Opuntia ficus-indica* (Miller) (Bravo-Hollis, 1978).

4.1.1. Taxonomía de las cactáceas

La taxonomía de las cactáceas es compleja, debido a que los sistemas de clasificación de este grupo contienen confusiones y una enorme sinonimia (Bravo-Hollis, 1978:129; Arias, 1998: 55). Bravo-Hollis (1978: 129) y Arias (1998: 55) consideran que las causas de tales confusiones son la ignorancia que se tenía del concepto de especie al hacer las clasificaciones, la falta de comprensión de que esta familia se encuentra en un proceso activo de evolución y diferenciación, el limitado trabajo de campo, las colecciones de herbario deficientes y los pocos estudios sobre sistemática filogenética del grupo.

Los problemas taxonómicos están presentes en este grupo de plantas tanto a nivel infra como supra genérico, esto debido a que los procesos de evolución han generado intergradación de caracteres, dificultando con ello la delimitación de las categorías taxonómicas de género y especie, por lo que en realidad puede que algunas de las categorías taxonómicas delimitadas hasta ahora, no lo sean y más bien sólo se trate de formas geográficas, ecotipos, híbridos, morfobiotipos y/o genotipos de cactáceas (Bravo-Hollis, 1978: 128; Scheinvar, 2015: 33).

Debido a lo antes mencionado, no es raro encontrar diferentes clasificaciones taxonómicas de las cactáceas dependiendo del autor y los criterios de clasificación; por lo tanto, las estimaciones del número de especies de cactáceas son variables; Arias (1998: 55) encontró que para México el rango de especies reconocidas va de 563 a 925 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Número de especies de cactáceas reconocidas para México	
Autor y año	Número de especies de cactáceas reconocidas para México
Bravo-Hollis, 1978	854
Bravo-Hollis y Sánchez- Mejorada, 1991	854
Hunt, 1992	925
Arias, 1993	850
Hernández y Godínez, 1994	563

Fuente: Elaboración propia con base en Arias (1998:55)

Una de las clasificaciones taxonómicas de cactáceas más reconocidas para México es la propuesta por Bravo-Hollis en 1978 en su libro *Las cactáceas de México*, misma que es la que se utiliza en este trabajo. La autora en cuestión, basó su clasificación taxonómica en la de Buxbaum de 1958, debido a que esta clasificación incorporaba hipótesis de índole filogenético, morfológico y geobotánico, y la adecuó para México. Bravo-Hollis ordenó las entidades taxonómicas en claves dicotómicas, con base en características morfológicas y anatómicas, la unidad taxonómica básica de este sistema de clasificación es la especie, misma que se agrupa en taxones más amplios como series, subgéneros, líneas, subtribus, tribus y subfamilias (Bravo-Hollis, 1978: 128, 130).

A continuación se muestra la clasificación taxonómica del género *Opuntia* en México (Bravo-Hollis, 1978), mismo que Bravo-Hollis ubica en la Tribu *Opuntieae*, que

pertenece a la subfamilia *Opuntioideae*, dentro de la familia *Cactaceae* y ésta a su vez dentro del orden *Cactales*:

Orden *Cactales*

Familia *Cactaceae* Lindley

Subfamilia *Opuntioideae* Schum.

Tribu *Opuntieae* (Britt. et R.) Backbg.

Género *Opuntia* (Tourn.) Mill.

Subgénero *Cylindropuntia* Eng.

Serie *Ramosissimae*

Serie *Leptocaulae*

Serie *Marenopuntiae*

Serie *Thurberianae*

Serie *Echinocarpae*

Serie *Bigelovianae*

Serie *Imbricatae*

Serie *Fulgidae*

Serie *Pseudogrusioniae*

Subgénero *Grusonia* (Reichnb.) Bravo

Subgénero *Corynopuntia* (Knuth) Bravo

Subgénero *Opuntia* (Tournefort) Miller

Serie *Chaffeyanae*

Serie *Pumilae*

Serie *Polycanthae*

Serie *Tunae*

Serie *Basilares*

Serie *Opuntiae*

Serie *Stringiles*

Serie *Phaeacanthae*

Serie *Elatiores*

Serie *Dillenianae*

Serie *Macdougalianae*

Serie *Tormentosae*

Serie *Leucotrichae*

Serie *Criniferae*

Serie *Ficus-indicae*

Especie *O. ficus-indica*

Especie *O. crassa*

Especie *O. undulata*

Serie *Streptacanthae*

Serie *Robustae*

Subgénero *Stenopuntia* Eng.

4.1.2. Género *Opuntia*

El término *Opuntia*, se cree puede provenir de una población de la antigua Grecia llamada Opunte u Opuncia, ubicada en la región de Leócrida, Beocia, en donde se supone crecían ciertas plantas semejantes a cactus, aunque también se considera, que el nombre se remonta a Plinio, quien llamó Opuncia a una planta que crecía cerca de Opuns, India (Bravo-Hollis, 1978: 167).

El género *Opuntia* pertenece a la subfamilia *Opuntioideae*. Se caracteriza por presentar cladodios encadenados, verdes, en forma de raqueta; aréolas con glóquidias, que son espinas reducidas; en los cladodios juveniles están presentes hojas subuladas reducidas y deciduas; el hábito y forma del tallo es muy variable; la estructura floral, aunque con algunas variaciones, es similar en todo el género; todas las estructuras están adaptadas para la absorción y retención de agua (Scheinvar, 2015:33). Debido a las diferentes formas del tallo, algunos cactólogos los han agrupado en diversos géneros o subgéneros, e incluso se han detectado numerosas basonimias (Cuadro 3) (Bravo-Hollis, 1978: 167) .

Bravo-Hollis agrupó a las especies mexicanas en cinco subgéneros; tres de ellos caracterizados por poseer tallos cilíndricos o claviformes y dos con tallos en forma de cladodio. El criterio para diferenciar a los subgéneros con tallos cilíndricos es el hábito de crecimiento, los subgéneros *Cylindropuntia* y *Grusonia* tienen hábitos de crecimiento arbustivos o rastreros y *Corynopuntia* de hábito generalmente rastrero. Por otro lado, en los subgéneros que poseen tallos en forma de cladodio, las flores son el criterio de diferenciación, las plantas del subgénero *Opuntia* poseen flores hermafroditas, con

perianto que se abre ampliamente, segmentos del perianto delgados y anchos, y los del subgénero *Stenopuntia* tienen flores unisexuales, con perianto poco extendido y segmentos exteriores del perianto carnosos y angostos (Bravo-Hollis, 1978:167).

Cuadro 3. Basonimias del género *Opuntia*

Basonimias del género *Opuntia*

Consolea Lemaire, Rev. Hort. 174. 1862.

Tephrocactus Lem., *Cactées* 88. 1868.

Cactus Lem., *Cactées* 86. 1868. [non Linne, 1753.]

Ficindica St. Lager, Ann. Soc. Bot. Lyon 7: 70. 1880.

Grusonia Reichenbach in Schumann, Monats. Kakt. 6: 177. 1896.

Maihueniopsis Spegazzini, An. Soc. Cient. Arg. 1924. 6. 1925,.

Brasiliopuntia (Schura.) Berg., Entw. Kakt. 17. 94. 1926.

Corynopuntia Knuth in Backeberg et Knuth, Kaktus ABC, 114. 410. 1935.

Cylindropuntia (Engelmann) Knuth in Backbg. et Knuth, Kaktus ABC, 117. 410. 1935.

Austrocylindropuntia Backbg., Blatt. Kakt. 6. 1938.

Micropuntia Daston, Am. Midi. Nat, 36: 661. 1946.

Marenopuntia Backbg., Des. Pl. Life 22: 27. 1950.

Tephrocactus Lem. emend. Backbg., Descr. Cact. Nov. 5. 1956.

Cylindropuntia (Eng.) Knuth emend. Backbg., Descr. Cact. Nov. 5. 1956.

Fuente: elaboración propia con base en Bravo-Hollis (1978:167)

4.1.3. Subgénero *Opuntia* (Tournefort) Miller

El subgénero *Opuntia* también es llamado *Platyopuntia Engelmann*, Gact., comprende 62 especies, que Bravo-Hollis agrupó en 17 series, llamadas comúnmente nopales. Las series son (1)*Chaffeyanae*, (2)*Pumilae*, (3)*Polyacanthae*, (4)*Tunae*, (5)*Basilares*, (6)*Opuntiae*, (7)*Stringiles*, (8)*Phaeacanthae*, (9)*Elatiores*, (10)*Dilleniana*, (11)*Macdougalianae*, (12)*Tomentosae*, (13)*Leucotrichae*, (14)*Crinifera*, (15)*Streptacanthae*, (16)*Robustae* y (17) *Ficus-indicae* (Bravo-Hollis, 1978: 228, 229).

Las especies del subgénero *Opuntia* son plantas arborescentes, arbustivas o rastreras; con o sin tronco bien definido. Poseen artículos aplanados conocidos como cladodios,

son lanceolados, elípticos obovados hasta suborbiculares y subcilíndricos; tienen espinas sin vainas, flores grandes, segmentos del perianto comúnmente amarillos, pero a veces de color rosa, anaranjado o rojizo, que pueden variar de tono después de abiertos; tienen de 5 a 10 lóbulos del estigma, el fruto más o menos globoso, ovoide hasta turbinado, con una concavidad receptacular más o menos profunda en el ápice, que queda desnuda después de la caída de los segmentos del perianto, de los estambres y del estilo; el pericarpelo tiene aréolas que llevan glóquidas y espinas setosas; la pulpa del fruto es jugosa. Las semillas como en el resto del género son lenticulares, con testa clara, arilo ancho, embrión con hipocótilo y cotiledones grandes; el perisperma está bien desarrollado (Bravo-Hollis, 1978: 228).

4.1.4. La serie *Ficus-indicae* Britton et Rose

La serie *Ficus indicae* comprende tres complejos, comúnmente denominados como especies: *O. ficus-indica*, *O. crassa*, y *O. undulata*. El primero posee cladodios delgados de aproximadamente 50 cm de longitud; el segundo comprende cladodios gruesos de aproximadamente 15 cm de longitud y el último cladodios con superficie lustrosa. Cada complejo incluye numerosas variedades y formas, son plantas arborescentes, generalmente con artículos grandes, con espinas ausentes o muy escasas y cuando están presentes son pequeñas y blancas. Las flores son grandes, comúnmente amarillas o anaranjadas (Bravo-Hollis, 1978: 320, 321).

De estos tres complejos únicamente se describirá el complejo *O. ficus-indica*, que también ha sido identificado como *Cactus ficus-indica* L., *Cactus opuntia* Gossone, *Opuntia vulgaris* Tenore, *Opuntia ficus-barbarica* Berger y es conocido ordinariamente

como nopal de Castilla, tuna de Castilla o tuna mansa.

4.1.5. Descripción del complejo *Opuntia ficus indica* (L.) Miller

Britton y Rose, Bravo-Hollis y Scheinvar en 1919, 1978 y 1995, respectivamente, realizaron descripciones botánicas del complejo *O. ficus-indica*, la principal crítica a estas descripciones es que sólo incluían una fracción de la variabilidad de la especie y carecían del respaldo de especímenes mantenidos en colecciones científicas. En el año 2005, Reyes-Agüero *et al.* realizaron nuevamente una descripción botánica del complejo tomando como neotipo a *Cactus articulato-prolifer, articulis ovatis-oblongis: spinis setaceis*. Lin. Spec. Plant. 468.16 (S), designado por Leuenberger en 1991 (Reyes-Agüero *et al.*, 2005: 396). A continuación se presenta un resumen de esta descripción.

Opuntia ficus-indica, es un complejo caracterizado por plantas con hábitos de crecimiento de arbustivas a arborescentes, de 1.7 m de altura aproximadamente, con un tallo primario lignificado, bien definido, castaño oscuro, verde o gris, cilíndrico, de 45 cm de largo, a 20 cm de diámetro. Los cladodios usualmente son elípticos, pero también los hay obovados, ovados, circulares, oblongos, oblanceolados o rómbicos; de dos a tres años de edad alcanzan un largo de 32 cm a 44 cm, ancho de 18 cm a 25 cm, grosor de 1.8 cm a 2.3 cm y área de 462 cm² a 796 cm². Los cladodios por lo general son de color verde pálido a oscuro (7.5 GY 7/4), contienen de 8 a 11 series de aréolas espirales y la distancia entre series es de 3 cm a 4 cm. Los cladodios jóvenes tienen podario prominente, hojas cónicas de 5.7 mm de longitud, aréolas con ausencia o presencia de una espina acicular y de 0 a 2 espinas cerdosas. Los cladodios

desarrollados tienen de 52 a 69 aréolas por cara, con densidad de 8 a 14 aréolas por cada 100 cm², las aréolas pueden ser elípticas, obovadas, oblanceoladas u ovadas, pero raramente circulares o rómbicas, tienen longitud de 3 mm a 4 mm y ancho de 2 mm a 3 mm. Las espinas usualmente están ausentes, pero a veces hay pocos cladodios con una espina, generalmente acicular, hundida y blanca, con longitud de 4 mm a 7 mm. Los gloquidios generalmente son abundantes en las aréolas próximas al cladodio, pero algunas veces están ausentes. Se pueden presentar hasta diez flores con antesis diurna por cladodio, ubicadas en la parte apical del margen del cladodio. El pericarpelo generalmente es cilíndrico, algunas veces obovoide, ovoide o cónico. El fruto usualmente es turbinado, algunas veces esférico, cilíndrico o elíptico, con largo de 7 cm a 9 cm, ancho de 5 cm a 6 cm y peso de 86 a 146 g, frecuentemente de color amarillo brillante (Munsell color 2.5 GY 8/6), aunque puede ir de amarillo pálido (2.5 y 7/10) a rojo púrpura (5RP 4/6), es menos frecuente encontrar el fruto en combinación de amarillo/verde o amarillo/rojo, el fruto puede no estar umbilicado hasta profundamente umbilicado, la profundidad del umbílico es de 3 mm a 8 mm, el diámetro de 20 mm a 27 mm, la cáscara tiene de 51 a 69 aréolas, grosor de 2 mm a 4 mm, la pulpa es del mismo color que el de la cáscara, pero frecuentemente tiene un color contrastante, el fruto es pulposo y jugoso, puede ser de ligeramente dulce a muy dulce, es decir contener de 12.4 °Brix a 15.5 °Brix, puede contener de 188 a 335 semillas por fruto, la longitud de la semillas es de 4 a 4.5 mm, el ancho de 3.2 mm a 3.8 mm y el grosor de 1.2 a 1.6 mm (Espinoza *et al.*, 2014: 401-403).

4.1.6. Variedades del género *Opuntia*

Bravo-Hollis (1978: 319, 320), con base en los caracteres del fruto, reconoció seis variedades cultivadas de *Opuntia ficus indica* (Cuadro 4).

Cuadro 4. Variedades de *Opuntia ficus indica* reconocidas por Bravo-Hollis (1978)

No.	Variedad	Característica del fruto
1	Alba hort.	Grande, oval, blanco o blanco con tinte amarillo o rojizo.
2	Rubra hort.	Oval o algo alargado y pedunculado, rojo carmín.
3	Lutea hort.	Oval, amarillo.
4	Asperma hort.	Oval, amarillo. semillas abortivas, escasas.
5	Pyriformis hort.	Piriforme y pedunculado, grande, de 12 cm de longitud o más, amarillo rayado de rojo o violeta, pulpa amarillenta, semillas escasas.
6	Serotina hort.	Flores tardías madura por octubre o noviembre, fruto oval, amarillo, a veces con tinte rojizo.

Fuente: elaboración propia con base en Bravo-Hollis, 1978.

En las últimas décadas se han realizado diversos estudios para conocer la diversidad biológica del nopal, en México se han identificado, considerando la morfología, 93 especies para el subgénero *Opuntia* (Scheinvar, 2010: 6); Mondragón-Jacobo y Bordelon (2002) con base en análisis del color del fruto, encontraron 32 genotipos de nopal y Espinoza *et al.*, (2014: 302) reconoce 85 genotipos para el género *Opuntia*.

Reyes-Agüero *et al.* (2005, 2009) con base en la morfología de la planta, cladodio, flor, fruto y semilla reportaron 243 genotipos de 21 especies de *Opuntia* en la Altiplanicie Meridional de México, distribuidos de la siguiente manera: *O. albicarpa* (trece), *O. chaveña* (seis), *O. durangensis* (uno), *O. ficus-indica* (siete), *O. hyptiacantha* (siete), *O. joconostle* (seis), *O. lasiacantha* (cuatro), *O. lindheimeri* (uno), *O. megacantha* (veintidós), *O. robusta* (dos) y *O. streptacantha* (ocho) genotipos respectivamente.

En el mismo orden de ideas, utilizando la técnica de RAPDs García-Zambrano *et al.* (2006) separaron dos grupos de 100 genotipos sin encontrar una clara relación en cuanto a la caracterización taxonómica conocida. Luna-Páez *et al.* (2007) usando una combinación entre RAPDs e ISSR en embriones apomícticos de 22 genotipos silvestres y cultivados encontraron alta relación entre genotipos de *O. ficus-indica* y *O. megacantha* con los de *O. streptacantha*.

Más recientemente Espinoza *et al.* (2014) utilizando la técnica de AFLPs que provee información mediante la amplificación de fragmentos de ADN, encontró los genotipos de fruto ácido y dulce mantienen una estrecha relación genética entre sí, sin importar si son silvestres o cultivados, consideraron que tal relación se debe a la interpolinización cruzada entre las especies; sin embargo la información que generaron no mostró relación directa de acuerdo a la taxonomía aceptada en *Opuntia* basada en la morfología.

El último estudio realizado para conocer la filogenia de *Opuntia* fue el de Majure (2012), quien realizó una reconstrucción filogenética del género *Opuntia*, junto con un análisis biogeográfico para identificar las zonas de dispersión del género. Se encontró que el género es un clado bien soportado acorde a las clasificaciones tradicionales, que se originó en el sureste de América y rápidamente se dispersó al norte del continente, sin embargo, por la complejidad del grupo aún es difícil conocer las relaciones interespecíficas (Majure, 2012: 854, 855).

4.2. Clasificación taxonómica de *Dactylopius coccus* Costa

La grana o cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) es un insecto parásito del nopal *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill., de los cuerpos secos de las hembras adultas de la cochinilla se obtiene ácido carmínico (AC), colorante que una vez procesado, se usa en la industria textil, farmacéutica, de cosméticos y alimentaria (Méndez-Gallegos *et al.*, 2003: 165-166, 168-169). El AC es uno de los colorantes naturales avalados por la Organización Mundial de la Salud y por la Unión Europea para su uso en alimentos. La cochinilla se utiliza en alimentos en forma de extracto de AC o laca (Hernández, 2001) y su contenido es la variable principal tomada en cuenta para evaluar comercialmente la calidad del insecto; al respecto, el valor de la grana fina (*D. coccus*) es más alto que el de la grana silvestre (*Dactylopius* spp.) donde la concentración de AC es menor (Claps, 2010; FAO/OMS, 2000; E.U, 1989 y 1994; Flores-Hernández *et al.*, 2006).

La clasificación taxonómica de la grana o cochinilla de nopal (*Dactylopius coccus* Costa) es controversial. De acuerdo a Morón y Terrón (1988) y a Nobel (2002) pertenece al orden *Homoptera*, nombre más común utilizado en México para el grupo de insectos succionadores, a este orden también se le ha denominado *Hemíptera-Homoptera* y/o *Rhynchota-Homoptera*, lo que ha generado confusión entre diferentes autores para determinar la ubicación taxonómica de la grana. Los autores antes mencionados clasifican a la grana dentro del Suborden *Sternorrhyncha*, en la superfamilia *Coccoidea*. Algunos otros autores ubican taxonómicamente a este insecto en el orden Hemíptera (Ramos y Serna, 2004) y todos ellos lo hacen dentro de la familia *Dactylopiidae*, que consiste en un solo género con nueve especies (Claps y De

Haro, 2001).

La clasificación taxonómica de la grana de acuerdo a Ramos y Serna (2004: 2390) es:

Phylum *Arthropoda*
Clase *Insecta*
Orden *Hemiptera*
Suborden *Sternorrhyncha*
Superfamilia *Coccoidea*
Familia *Dactylopiidae*
Género *Dactylopius*
Especie *Dactylopius coccus* Costa

Kondo (2001) reporta tomando como base el banco de datos de cochinillas ScaleNet, que existen aproximadamente 7780 especies descritas hasta el momento; las cochinillas o cóccidos, incluyen todos los miembros de la superfamilia *Coccoidea*, que está compuesta de 22 familias. Algunos otros autores como Ramos y Serna (2004) mencionan que existen 28 familias.

Estos insectos están relacionados con los pulgones (*Aphidoidea*), moscas blancas (*Aleyrodoidea*) y psílidos (*Psylloidea*) y son insectos pequeños, por lo general de menos de 5 mm, y su taxonomía se basa mayormente en caracteres microscópicos morfológicos de la hembra adulta (Kondo, 2001), o un sistema basado en la estructura del labio para identificación, aunque no existe un sistema de clasificación general muy aceptado, ésta debería también tomar en cuenta características de los machos adultos, inmaduros, citología y biología (Ramos y Serna, 2004).

La familia *Dactylopiidae*, con el único género *Dactylopius* incluye las siguientes especies: *D. tomentosus* Lamark 1801, *D. confusus* Cockerell 1893 y *D. opuntiae*

Cockerell 1896, *D. ceylonicus* Green 1896, *D. confertus* De Lotto 1974, *D. austrinus* De Lotto 1974, *D. salmianus* De Lotto 1974 y *D. zimmermanni* De Lotto 1974 y *D. coccus* Costa 1829 (Rodríguez *et. al.*, 2001). Además, Ben-Dov y Marota (2001) reasignaron a *Coccus bassi* como *D. bassi* Targioni Tozzetti 1866, por lo que el número de especies de *Dactylopius* asciende a diez.

D. coccus se conoce comúnmente como “grana fina” y las restantes especies como “grana silvestre” (Diodato *et al.*, 2004). Este mismo autor en una revisión bibliográfica que realizó reporta para la República Argentina ocho especies: *D. austrinus*, *D. ceylonicus*, *D. confertus*, *D. confusus*, *D. salmianus* y *D. zimmermanni* y *D. coccus* y *D. tomentosus* (Claps, 1999; Claps, 2001). *D. austrinus* De Lotto 1974, citada en la provincia de Mendoza por De Lotto (1974), *D. ceylonicus* Green 1876, conocida como “grana de la penca”, es la especie más común y abundante en el noroeste argentino, utilizada en la tinción de tejidos (Claps, 1999; Claps, 2001), se encuentra en las provincias de Córdoba, Santiago del Estero, La Rioja, Catamarca, San Luis y Entre Ríos. Se registra ahora en las localidades Pampa Muyoj, Departamento Capital, Isla Verde, Departamento Loreto y San Gregorio, Departamento Silipica, sobre *O. quimilo* (quimil) y *O. retrorsa* (kisca-loro); *D. confertus* De Lotto 1974 se cita únicamente en Argentina en la provincia de Salta, localidad de Morillo (De Lotto, 1974); *D. confusus* (Cockerell) 1893 es muy escasa en la República Argentina (Claps, 1999), se la encontró en Mendoza, en la localidad de Tunuyan, sin embargo Claps (1999) menciona que luego de esta cita no fue registrada nuevamente en el país; *D. salmianus* De Lotto 1974, citada únicamente para Argentina, en la provincia de Chaco, localidad Santa Silvina (De Lotto, 1974 a), Claps (1999) menciona que luego de la primera cita no fue

obtenida nuevamente de recolecciones de campo; *D. zimmermanni* De Lotto 1974 citada solamente para la Argentina, en la provincia de Mendoza, en la localidad de Vargas (De Lotto, 1974a); *D.s coccus* Costa 1835 se encontró naturalizada en Argentina en 1999 sobre *O. ficus-indica* (L.) Mill. en Anillaco, La Rioja. (De Haro y Claps, 1999; Claps, 2001); *D. tomentosus* Lamarck 1801 se cita en la provincia de Buenos Aires, en Cármen de Patagones, y en la provincia de Mendoza. Es muy escasa en Argentina y al igual que *D. confusus* y *D. salmianus*, no fue registrada en fecha posterior a 1922 (Claps, 1999).

Para el caso de Colombia sólo se ha reportado por Balachowsky en 1959 a *D. tomentosus* Lamarck 1801, como huésped de los nopales de los géneros *Opuntia*.

Para el caso de México, se tienen reportadas cinco especies de *Dactylopius*. *D. ceylonicus*, *D. confusus*, *D. Opuntiae*, *D. Tomentosus* y *D. coccus*, (Portillo, 2005:2 y Chávez-Moreno *et al.*, 2011: 68), las cuatro primeras silvestres y la última cultivada (Campana *et al.*, 2015: 607, 608). Campana *et al.*, (2015: 608) considera que las poblaciones nativas de grana cultivada se encuentran en Oaxaca, Puebla, Tlaxcala y México, en climas que varían de áridos a semiáridos, secos a cálidos y húmedos, dentro del rango de altitud de 0 a 2845msnm (Chávez-Moreno *et al.*, 2011: 70).

4.2.1. Descripción de *Dactylopius coccus* Costa

Los coccoideos de la familia *Dactylopiidae* son conocidos como “grana”, presentan dimorfismo sexual (Nobel, 2002); la mayoría de las hembras son ápteras, apodas y

están cubiertas de una secreción cerosa de aspecto variable, características responsables de una vida sésil en el estado adulto. Los machos adultos, en cambio, poseen un par de alas, aparato bucal atrofiado y tienen los tarsos formados por un solo artejo con una uña. Estos insectos no presentan estigmas abdominales, placa gigidial, anillo y tubo anal; y la parte posterior del cuerpo no se encuentra hendida. Los orificios de las glándulas dorsales productoras de cera no tienen forma de 8 y los conductos de las mismas son diminutos, levantándose desde el centro de un conjunto de poros sésiles (Morón y Terrón, 1988), poseen el ápice de las antenas no diferenciado en un proceso terminal (Ramos y Serna, 2004).

Los insectos de la especie *D. coccus* Costa presentan un marcado dimorfismo sexual, las hembras son hemimetábolos y los machos holometábolos, las primeras se caracterizan por poseer metamorfosis incompleta y su ciclo de vida consta de huevo, dos instares ninfales (ninfa I, ninfa II) y adulto, en cambio, los machos después de la ninfa del segundo instar forman un capullo donde se desarrollan la prepupa y pupa, antes de la ocurrencia del estado adulto (Claps y De Haro, 2001). La reproducción de los individuos de ésta especie es sexual (Nobel ,2002), pueden ser ovovivíparos, es decir que la hembra puede depositar directamente preninfas o huevos (Méndez *et al.* 2010: 230).

Los huevos son de forma oval con bordes redondeados, con superficie lisa y brillante de color rojo claro cuando están recién depositados (Nobel, 2002), que se tornan posteriormente de color rojo intenso, miden aproximadamente 0.7 mm de longitud por 0.3 mm de ancho (Méndez, 2001).

La ninfa de primer instar (ninfa I), se caracteriza por la forma oval de su cuerpo, es de color rojo, recién emergida mide en promedio 0.85 mm de longitud por 0.35 mm de ancho, posee ojos ovalados y convexos en posición lateral, cercanos a las antenas, que están constituidas por seis segmentos. Presenta aparato bucal adaptado para succionar savia del tejido vegetal formado por cuatro estiletes largos que se enrollan en el interior del cuerpo. El meso y metatórax poseen un par de espiráculos cada uno, el abdomen es de ocho segmentos bien definidos que se van reduciendo en la parte posterior, presenta tres pares de patas largas y delgadas, con tarso de un segmento, que a su vez posee una uña (Llanderal y Nieto, 2001; Llanderal, 2004).

La presencia, número y longitud de túbulos en este estadio permite diferenciar sexualmente a los insectos después de seis días de emergidos. La hembra tiene 20 túbulos filamentosos largos dirigidos hacia adelante lo que le da una apariencia algodonosa, también presenta setas apicales, y el macho 27 túbulos cortos y sólo cuatro más desarrollados (Montiel, 1995).

La ninfa I después de eclosionar se inicia como migrante por 5 días, para posteriormente fijarse en el cladodio del nopal por un período de 20 a 30 días, antes de mudar, y dar origen a la ninfa II (Méndez, 2001). La ninfa de segundo instar (ninfa II) presenta cuerpo ovoide de color rojo oscuro, mide aproximadamente 2.2 mm de largo por 1.2 mm de ancho, los filamentos algodonosos de la ninfa I son reemplazados por una cubierta cerosa de tipo pulverulento (Llanderal y Nieto, 2001); es atraída por la luz, aunque para su establecimiento busca los lugares sombreados donde inserta sus estiletes en el tejido vegetal y comienza a alimentarse, por lo que ya no hay

desplazamiento (Llanderal, 2004), este estadio dura entre 8 y 20 días dando origen de a la hembra adulta, a diferencia del macho que le toma entre 18 y 22 días llegar al estado adulto (Méndez, 1992: 8; Llanderal y Nieto, 2001; Méndez, 2001).

El cuerpo de la hembra adulta es oval, plano ventralmente y convexo dorsalmente, de color rojo oscuro, blando con cutícula delgada y flexible, en ella hay poros, túbulos y setas, aunque carecen de cubierta protectora; las antenas y patas no sobresalen de los márgenes laterales del cuerpo, las antenas tienen de seis a siete segmentos. En el meso y metatórax tienen un par de espiráculos fuertemente esclerosados y grandes, con el opérculo bien desarrollado; el aparato bucal es del tipo picador chupador: la probóscide está formada por tres pares de estiletes, el primero y segundo forman el labio que es el aparato succionador, constituido por estiletes maxilares y mandibulares, y el tercer par forma el labro que funciona como un instrumento cortante (Marín y Cisneros, 1977).

En cultivo *in vitro* se han vinculado a los ovarios de las hembras de *D. coccus* con la producción del ácido carmínico, aunque no se tiene información contundente. En lo referente a las características morfofisiológicas de sus ovarios, se sabe entre otros aspectos, que las ovariolas en esta especie son de tipo telotrófico, que maduran de manera asincrónica y que sus germarios presentan entre seis y siete células nutricias, además de que cada ovariola contiene un solo ovocito el cual entra en maduración (Ramírez, 2012).

El germario de cada ovariola de *D. coccus* es de forma casi esférica y externamente está rodeado por un par de cubiertas, de las cuales la más externa es la túnica propia,

de naturaleza completamente acelular y con un espesor aproximado de 0.1 μm . Inmediatamente debajo de la túnica propia se encuentra la cubierta epitelial interna de aproximadamente 3.5 μm de espesor, constituida por células planas con núcleos ovalados y la heterocromatina compactada en pequeños grumos en el centro del núcleo; su citoplasma es escaso en retículo endoplásmico rugoso y en mitocondrias, pero abundante en ribosomas. Las células nutricias en *D. coccus* presentan grandes núcleos, principalmente de forma irregular. Además en la membrana nuclear de dichas células, se observa una alta densidad de poros nucleares distribuidos de manera regular. La heterocromatina de estas células en *D. coccus* adquiere la forma tanto de pequeños gránulos dispersos en todo el citoplasma, como de grandes paquetes heterocromáticos. En estas células se aprecian uno o más nucléolos por célula nutricia, gran cantidad de ribosomas libres y algunos asociados al retículo endoplásmico rugoso, el cual fue muy escaso y formado de cisternas simples. Del mismo modo, las células nutricias tienen gran abundancia de mitocondrias, muchas de ellas de forma alargada. A diferencia de la abundancia en ribosomas y de mitocondrias, no se observa retículo endoplásmico liso, ni complejos de Golgi en las células nutricias (Ramírez, 2012).

La hembra es receptiva después de 2 a 5 días de haber llegado al estado adulto, por lo que la cópula se da aproximadamente al día 55 de la eclosión; el período de preoviposición tiene una duración de entre 30 y 100 días (Méndez, 2001) y el de oviposición de 10 a 20 días depositando un promedio de 419 huevos (Méndez, 1992: 8), o de acuerdo a Méndez (2001) 372 ninfas aproximadamente.

El macho adulto presenta cuerpo de color rojo, con segmentos bien diferenciados, el abdomen está integrado por nueve segmentos de consistencia membranosa y del extremo posterior se originan dos filamentos caudales de color blanco. Presenta un par de alas bien desarrolladas con venación reducida, de color blanco con bordes redondeados; las patas son largas y delgadas, el tarso de un segmento con una uña. Se observa la presencia de antenas de 10 segmentos, ojos y ocelos (Llanderal, 2004) .

Los machos adultos no tienen la capacidad de alimentarse debido a que poseen un aparato bucal atrofiado. La duración de los machos en estado adulto es de tres días aproximadamente, y el total de su ciclo biológico puede durar entre 51 y 63 días, en cambio el de la hembra puede oscilar entre 64 y 111 días (Méndez, 1992: 9; Llanderal y Nieto, 2001; Méndez, 2001).

4.3. Domesticación de especies silvestres del género *Opuntia* en México

La interacción entre los seres humanos y las plantas involucra dos formas fundamentales de manipulación: la del ambiente y la de fenotipos y genotipos de plantas. La primera, incluye el manejo de variables ambientales como la cantidad de nutrientes, humedad, luz, temperatura, competidores, depredadores, polinizadores, dispersores, entre otras, con el fin de asegurar la disponibilidad y favorecer la propagación de algunas plantas que satisfacen necesidades humanas (Casas, 1997: 34, 35; Colunga *et al.*, 1986: 8).

En la segunda forma, los seres humanos, acorde a sus necesidades y mediante un proceso de selección artificial de caracteres, moldean la diversidad intraespecífica de

alguna especie. La “selección artificial” de fenotipos favorece la sobrevivencia de variantes de plantas deseables y elimina las variantes indeseables, es decir, se favorece la fijación de algunos genotipos seleccionados por el hombre. Este proceso se conoce como domesticación, opera inicialmente en poblaciones de plantas silvestres y conforme incrementa el grado de domesticación, puede llegar a generar la dependencia completa de la planta con respecto al hombre para sobrevivir y reproducirse (Casas, 1997: 35).

La domesticación es un proceso evolutivo que resulta de manipular los genotipos de las plantas, depende de una cultura, de sus desarrollos tecnológicos y del desarrollo de técnicas de manipulación de poblaciones de plantas silvestres (Casas *et al.*, 2002: 75). Casas identificó que las principales técnicas de manipulación de genotipos son la recolección, la tolerancia, el fomento o inducción y la protección. La recolección implica extraer plantas útiles de poblaciones silvestres, generalmente con un manejo nulo o incipiente de la vegetación, principalmente enfocado a la obtención selectiva de algunos fenotipos, rotación de áreas de recolección y restricciones temporales a la extracción de algunos productos. La tolerancia, por su parte, incluye prácticas dirigidas a mantener dentro de ambientes antropogénicos, plantas útiles que existían antes de que el ambiente fuera transformado por el hombre, tal es el caso de los huertos o solares. El fomento o inducción, incluye diferentes estrategias dirigidas a aumentar la densidad de población de especies útiles en una comunidad vegetal. La protección consiste en cuidados como la eliminación de competidores y depredadores, aplicación de fertilizantes, podas, protección contra heladas, etc., y cualquier otra acción orientada a salvaguardar algunas plantas silvestres y arvenses de valor especial (Casas y Parra,

2007 : 5; Casas et al., 2007: 1102).

Tanto la manipulación del ambiente, como la de los genotipos y fenotipos, pueden ocurrir en el sitio que ocupaban las poblaciones silvestres de la especie cultivada (cultivo *in situ*) o fuera de él (cultivo *ex situ*) (Casas, 1997: 35, 36).

Mesoamérica es reconocido como uno de los centros más importantes de domesticación de plantas en el mundo, situación que se considera está relacionada estrechamente con la gran diversidad biológica que alberga (Casas *et al.*, 1997:32).

El género *Opuntia* (*sensu stricto*) está formado por 189 especies, de las cuales, existen 83 en México que han sido agrupadas en 17 series (Bravo-Hollis, 1978). Las plantas del género *Opuntia* son nativas de México (Benson y Walkington, 1965; Bravo-Hollis, 1978), y algunos autores como Griffith (2004: 1918) y Reyes-Agüero *et al.* (2004) consideran que también en México fueron domesticadas. Existen evidencias arqueobotánicas que indican el uso de *Opuntia* spp. por varios grupos étnicos desde hace 9000 a 8000 años (González, 1978; Reyes Agüero, 2005: 476), e incluso se ha formulado la hipótesis de que el grupo étnico otomí fue el protagonista en la domesticación de estas plantas (Reyes-Agüero *et al.*, 2004), aunque lo antes mencionado no puede ser asociado directamente a ninguna especie.

Así, en México actualmente existe gran riqueza de variantes de *Opuntia* con diferente grado de domesticación, desde las recolectadas o plantadas como cercos vivos, las que se ubican en los bordes de taludes de parcelas, las que se encuentran en los huertos y hasta las que forman parte de plantaciones comerciales (Colunga *et al.*,

1986: 476; Rodríguez y Nava, 1998; Reyes Agüero, 2005: 476)

La gran diversidad genética a nivel inter e intra específico de los nopales del género *Opuntia* que se refleja en sus características fenológicas, se debe a que los nopales silvestres florecen casi todos al mismo tiempo y no hay barreras que impidan su hibridación, así como el retrocruzamiento, que ocurre con frecuencia. Por otro lado, hay gran número de poliploides, lo que contribuye a la gran variabilidad morfológica, a la existencia de tan numerosas especies distintas y a la variación dentro de cada población de la misma especie. El género *Opuntia* está representado por gran número de híbridos y de poliploides, por lo que Pinkava *et al.* (1985: 39) han sugerido tratarlo como un género complejo. Pinkava (2002), en su artículo sobre el origen y la evolución de las *Opuntioideae* de Norteamérica, considera que los factores que han contribuido a la rápida especiación de nopales son, que las poblaciones son pequeñas, están aisladas vía especiación peripátrica, lo que permite la fijación de nuevas combinaciones genéticas y la invasión de nuevos hábitats; la reproducción sexual, facilita nuevas recombinaciones genéticas que pueden favorecer la adaptación y el éxito en la selección natural; la poliploidía, es decir el que los individuos pueden presentar $3n$ o más cromosomas, provee ADN adicional, que puede generar nuevas combinaciones sin la interrupción de la estructura normal de la planta y de los procesos fisiológicos; la hibridación intraespecífica provee un incremento en la variabilidad debido al potencial de los nuevos genes que interactúan; comúnmente se da porque hay pocas barreras de cruzamiento entre la mayoría de las especies que florecen al mismo tiempo, la hibridación generalmente va acompañada de poliploidia, particularmente en los nuevos híbridos o nuevos hábitats; las especies así originadas son más resistentes y más

agresivas que las diploides, y muchas veces son invasoras de terrenos fértiles; y la reproducción vegetativa o clonal, por enraizamiento, a partir de aréolas de los cladodios, de los pericarpelos de las flores o de los frutos inmaduros caídos al suelo, originan plantas con características idénticas a la planta de la cual se desprendieron (Scheinvar *et al.*, 2015: 33-34).

Consecuencia de los factores antes mencionados, se han documentado 144 variantes adicionales de *Opuntia*, denominadas y apreciadas por los recolectores y cultivadores de nopal, pero difícilmente asignables a una especie en particular (Reyes Agüero, 2005: 477).

Determinar las relaciones sistemáticas del género y de la especie *Opuntia ficus-indica* representa un enorme reto, porque ha sido sometida por miles de años a presiones de selección artificial por diferentes grupos culturales, en ambientes distintos, y con diversos propósitos; además, su distribución geográfica original ha sido dramáticamente modificada. Se crearon sitios que fomentaron simpatria artificial como los huertos, donde han coexistido varias especies relacionadas de interés para el hombre, favoreciendo la ocurrencia de procesos de hibridación y poliploidía (Figueroa *et al.*, 1979; Colunga *et al.*, 1986: 483; Pimienta y Muñoz, 1995; Griffith, 2004: 1918, 1919). Juntos, todos estos hechos vuelven una tarea difícil la identificación del área de origen así como del ancestro silvestre de *O. ficus-indica*, al igual que la definición de sus afinidades sistemáticas con las especies cercanamente relacionadas (Griffith, 2004: 1920).

O. ficus-indica ha sido relacionada con *O. amyclae*, *O. megacantha* y *O. streptacantha*,

las cuales pertenecen a la serie *Streptacanthae* (Labra *et al.*, 2003: 1132). En el mismo sentido, Benson (1982) consideró a *O. megacantha* como sinónimo de *O. ficus-indica*, dado que la presencia o ausencia de espinas en esta última es insuficiente para separarlas. Kiesling (1999) dividió a *O. ficus-indica* en dos formas botánicas: (1) *O. ficus-indica* f. *Amyclae*, con presencia de espinas como su principal característica; (2) *O. ficus-indica* f. *Ficus-indica*, sin espinas. Este mismo autor consideró que *O. amyclae*, *O. megacantha* y *O. streptacantha* son sinónimos de *Opuntia ficus indica*. En contraste hay otros autores que consideran que *O. ficus-indica* es diferente de *O. megacantha* y *O. amyclae* (Britton y Rose, 1919; Shreve y Wiggins, 1964; Munz y Keck, 1973; Bravo-Hollis, 1978; Wiggins, 1980; Scheinvar, 2001), así como de *O. streptacantha* (Britton y Rose, 1919; Bravo-Hollis, 1978; Scheinvar, 2001). Hunt (1999: 95, 101), Anderson (2001) y Guzmán *et al.* (2003), Reyes Agüero *et al.* (2005: 406) también consideraron a *O. ficus-indica* como una especie diferente de *O. amyclae*, *O. megacantha* y *O. streptacantha*. Labra *et al.* (2003: 1135) hicieron un análisis utilizando AFLP como marcadores moleculares en tres especies y concluyeron que *O. amyclae* es diferente de *O. megacantha* y *O. ficus-indica*, y sugirieron que *O. megacantha* y *O. ficus-indica* deberían ser consideradas la misma especie. Los autores en cuestión proponen que la presencia de espinas no debería ser considerada como una variable en la taxonomía de *Opuntia* (especialmente en esta especie), por lo que sugieren que *O. ficus-indica* (que es la especie sin espinas) es una forma domesticada de *O. megacantha* (especie con espinas).

Derivado de lo anterior se puede inferir que el proceso de domesticación del nopal se debió al manejo indígena, posiblemente *in situ*, de *O. megacantha* que condujo a

multiplicar las diferencias de estas variedades de plantas silvestres con las domesticadas, generando la diferenciación de la especie que actualmente se denomina *O. ficus-indica*. Jorge Cerón Carvajal en las relaciones geográficas de Tepeaca se refiere a éste proceso: “... y ansimismo los dichos tunales que son caseros; y éstos, con los beneficios y labores que les hacen, no tienen aspereza de espinas que los silvestres...” (Acuña, 1985: 250).

Como parte del proceso de domesticación, mediante la selección artificial de caracteres, los órganos y estructuras de mayor interés humano muestran la mayor variabilidad morfológica. Para el nopal, se ha observado la reducción en la cantidad y el cambio de la disposición de estructuras físicas protectoras como las espinas, además de modificaciones en la densidad de aréolas, gigantismo de los órganos de interés como es el caso del fruto, mejoramiento del aspecto y sabor de los frutos, modificaciones en el grosor de la cáscara y reducción o eliminación de sus semillas (Hawkes, 1983; Baker, 1971; Reyes Agüero, 2005: 479).

Acorde a los propósitos y ambientes, se favorecieron, toleraron y protegieron características específicas del nopal. Se podían encontrar nopales que acorde a sus características se destinaban para quemar, como cita Acuña (1985: 250): “...hay en los montes unos árboles silvestres que llaman tunales, que son algunos de los que se han llevado a Castilla que allá llaman higueras de las indias, y éstos sirven de leña para quemar”; también los había para el aprovechamiento de tunas comestibles, de diversas variedades (cardonas, caponas y camuesas blancas y amarillas), al respecto Muñoz Camargo mencionaba: “Son tunas campesinas que la tierra las produce en el tunal

grande de los chichimecas, de que aquella gente se sustenta en una temporada del año..." (Muñoz, 2013: 258); y para la cría de cochinilla, se utilizaban nopales de Castilla con fruto "*color de sangre o colorado*" (Acuña, 1985: 137; Muñoz, 2013: 258).

La intergradación entre nopales silvestres y domesticados, empezó a ser directamente proporcional al manejo, es decir, los nopales silvestres "*aquellos que producían sin cuidados*" y eran menos apreciados, se debieron ubicar más alejados que los nopales apreciados, mismos "*que necesitaban cuidados y el calor de la gente y los animales para producir*". Es así, que las variantes silvestres reproducidas podían ser interpretadas en términos de una mayor correspondencia morfológica con los caracteres morfológicos deseados por el hombre, que no necesariamente eran adaptativos. En este sentido, los cultivos de *O. ficus indica* debieron establecerse en ambientes protegidos como los huertos de traspatio, dado que sería improbable su supervivencia fuera de éstos lugares, debido a que los caracteres asociados a la dependencia del hombre generaron mayor susceptibilidad a la depredación y al ataque de plagas y enfermedades (Figueroa *et al.*, 1979; Colunga *et al.*, 1986: 479).

A la llegada de los españoles y con el desarrollo de la creciente industria de la grana cochinilla y la importancia económica que adquirió, se infiere se utilizaron las técnicas de manipulación del fenotipo de los nopales denominadas fomento o inducción y protección, las cuales consisten en generar estrategias dirigidas a aumentar la densidad de población de las especies útiles; es decir, se establecieron nopaleras para la cría exclusiva de grana, se eliminaban malezas y alimañas, se colocaron cercas para su protección, se realizaban prácticas culturales como chapoda y poda de nopal, se

prohibió a los indígenas sembrar cualquier otra especie vegetal, criar y cebar cochinos y gallinas, alimentarse del nopal y la tuna y se indujo la siembra de nopales y nopaleras nuevas año con año.

Los nopales que se utilizaban para la cría de cochinilla eran los de Castilla, nombre común empleado para nopales de la especie *Opuntia ficus-indica*. Esta especie presenta fruto de colores amarillo, anaranjado y rojo o purpúreo; en los documentos históricos se menciona que la grana se criaba especialmente bien en los nopales que tenían el fruto “color de sangre o colorado”, por lo que los nopales con frutos rojos son los que debieron favorecerse. Las mejores variedades de nopal, con frutos rojos, para la cría de la grana, eran el “*quetzalnopalli*” y el “*tomotli*”, el primero tenía hojas verdes, delgadas y prolongadas y el segundo hojas verdes, oscuras y gruesas, ambos sin la presencia de espinas (Acuña, 1985: 137, 250; Muñoz, 2013: 258, 260).

Este último proceso debió generar nuevamente la diferenciación fenotípica y finalmente genotípica de variedades de nopal de la especie *Opuntia ficus-indica*, con las mejores características y adecuaciones para la cría de grana.

CAPÍTULO 5. AGROECOSISTEMAS DE LA GRANA COCHINILLA DURANTE EL PERÍODO COLONIAL

5.1 Obispado de Tlaxcala en el siglo XVI

En la primera mitad del siglo XVI, el gobierno español alentó la producción de grana cochinilla en Tlaxcala, mediante la orden del presidente de la segunda audiencia, Don Sebastián Rangeli de Fuenleal (1531-1535) para que los indios del área alrededor de esta ciudad se aplicarían a la cría de la cochinilla. Esto debido a que la industria textil europea demandaba colorantes, lo cual favoreció el cultivo de nopales y la cría de la grana. Se considera que el interés oficial se centró en Tlaxcala, más que en Oaxaca, debido a que su ubicación facilitaba el traslado de mercancías a Veracruz, principal puerto de embarque de grana durante el período colonial (Donkin, 1977: 24).

Durante la época de la colonia existieron tres tipos de divisiones territoriales que no siempre tuvieron correspondencia entre sí: la eclesiástica, la administrativo-judicial y la político-administrativa. La primera subdividía al territorio de acuerdo a las jurisdicciones jerárquicas de la iglesia católica en obispados, diócesis, parroquias y doctrinas; la segunda subdividió al territorio en provincias al norte e intendencias al centro y sur de la Nueva España y la tercera estaba determinada por los distritos jurisdiccionales de las audiencias, las cuales subdividían al territorio en gobiernos, corregimientos y alcaldías mayores, estos nombres no implicaban necesariamente diferencias jurisdiccionales. Al parecer no se buscó uniformidad en la nomenclatura de las unidades locales administrativas, ni se siguió ningún plan sistemático, la principal diferencia era que estaban a cargo de un gobernador, corregidor o alcalde mayor (Ochoa, 1985:212-213). En esta investigación los tres tipos de divisiones territoriales antes mencionadas se

consideran como tres niveles de agregación para aproximarse al área de estudio; gobiernos, corregimientos y alcaldías productoras de grana, pertenecientes a las provincias, que se encontraban dentro de la delimitación del obispado de Tlaxcala.

El obispado de Tlaxcala se fundó en 1526, sus límites eran vagos, asociados inicialmente a la ubicación de los primeros frailes mendicantes, en un inicio incluía la sección oriental y meridional de la parte central de México, desde Zacatlán y Xalapa al río Alvarado, así como Huejotzingo, Cholula y la provincia de Tepeaca y las regiones situadas más al sur de Oaxaca y Chiapas. Después de la creación del obispado de Oaxaca, la parte meridional de lo que había sido el obispado de Tlaxcala paso a esa jurisdicción, por lo que el tamaño del obispado de Tlaxcala se redujo y ocupó una nueva situación entre los obispados de Oaxaca y México (Gibson, 1991: 65).

Resultado de la nueva distribución y del cambio de la sede episcopal del Obispado de Tlaxcala a la ciudad de Puebla⁶ se incumplía la orden real de 1534, según la cual las jurisdicciones episcopales debían extenderse 15 o más leguas a partir de sus sedes episcopales; la distancia entre los obispados de Tlaxcala y México era de veinte leguas, lo que significó que el obispado de Tlaxcala tuviese un área que se sobreponía con la del obispado de México, donde este último tenía el derecho legal (Gibson, 1991: 66). Las autoridades eclesiásticas del obispado de Tlaxcala argumentaron que la restricción en los límites norte y oeste limitaban el ingreso episcopal del diezmo, por lo que en 1548 se expuso el problema al virrey Mendoza quien trazó tres listas de delimitación, la primera con los nombres de los lugares que indicaban los límites del obispado, la

⁶ En 1543 se dio la aprobación real de la transferencia del obispado de Tlaxcala a Puebla.

segunda especificaba las áreas adyacentes situadas fuera de esos límites, pero todavía sujetas al obispado de Tlaxcala y la tercera precisaba áreas limítrofes al sur entre el obispado de Oaxaca y Tlaxcala, posteriormente, estas tres listas fueron sustituidas por una lista de las áreas sometidas a la sede episcopal, aunque nunca se establecieron líneas de demarcación en el sentido moderno (Gibson, 1991: 66).

De acuerdo con las Relaciones geográficas del siglo XVI para 1580 el Obispado de Tlaxcala abarcaba la franja del territorio mexicano que de sur a norte iniciaba en Acatlán, junto al mar del sur (Océano Pacífico), llegaba hasta Tlacotalpa en las costas del mar del norte (Golfo de México), pasaba por las zonas costeras del actual estado de Veracruz hasta Papantla y de Papantla hasta Acatlán nuevamente (Acuña, 1985). Del obispado de Tlaxcala se conocen quince relaciones geográficas de las regiones de Acatlán, Ahuatlán, Cuzcatlán, Chilapan, Cholula, Hueytlalpa, Misantla, Quautlatlauca, Tepeaca, Tistla-Muchitlan, Tlacotalpa, Veracruz, Xalapa, Xonotla-Tetela y Tlaxcala⁷ que proporcionan información sobre la ubicación, la historia, la fisiografía, la orografía, el temperamento, la agricultura, la dependencia político administrativa, las costumbres, así como la producción de grana, entre otros elementos que permiten entender la forma de vida de los habitantes de estas regiones y su relación con el medio (Acuña, 1985 y Muñoz, 2013).

A continuación se mencionan, de forma sucinta, el número de estancias y pueblos de las provincias, corregimientos y alcaldías pertenecientes al obispado de Tlaxcala, mismas que se pueden ubicar en la figura 1.

⁷ La obra “Descripción de la ciudad o provincia de Tlaxcala” escrita por Diego Muñoz Camargo en 1576 es considerada el tomo I de las relaciones geográficas de Tlaxcala.

Acatlán era alcaldía mayor de la provincia de la Mixteca baja, comprendía los pueblos y cabeceras de Acatlán, Chila, Petlaltzingo, Icxitlán y Piaztla y éstas a su vez tenían en su jurisdicción a diez y nueve estancias (Acuña, 1985). Ahuatlán era corregimiento, comprendía los pueblos de Ahuatlán, Texalocan, Zoyatitlanapa y Coatzingo, de estos cuatro pueblos únicamente Zoyatitlanapa poseía dos estancias (Acuña, 1985); Cuzcatlán era corregimiento y cabecera, tenía bajo su jurisdicción diez estancias (Acuña, 1985:94, 98).

Chilapan era una Provincia que pertenecía al obispado de Tlaxcala pese a que estaba bajo la jurisdicción de la Alcaldía mayor de Zumpango que dependía del obispado de México, incluía 44 estancias, sin embargo, de acuerdo a la Memoria de Fray Diego de Soria de 1541, se conocen únicamente cuarenta estancias (Acuña, 1985:107, 109, 113).

Cholula era corregimiento de acuerdo con las relaciones geográficas incluía diez cabeceras, sin embargo sólo hay registro de seis de ellas, Santiago, San Juan, San Miguel, San Pablo, Santa María y San Andrés Cholula (Acuña, 1985:128; Walles, 1971: 2,3).

Hueytlalpan era alcaldía mayor y cabecera con veintiún estancias, tenía bajo su jurisdicción las cabeceras de Zacatlán con trece estancias, Jujupango con cuatro pueblos y Matlatlan, Chila, Papantla, Tecolutla, Tenanpulco y Matlactonatico que no tenían pueblos, ni estancias sujetas (Acuña, 1985: 151,1 54, 155); Misantla era corregimiento y cabecera de tres estancias. Quautlatlauca era corregimiento e incluía la cabecera con el mismo nombre que comprendía tres estancias y el pueblo de

Huehuetlán con diecisiete estancias (Acuña, 1985: 201, 207).

Tepeaca era provincia, alcaldía mayor y cabecera abarcaba sesenta y siete estancias y a tres cabeceras más, Tecamachalco, Quecholac y Santiago Tecali, con veinticinco, veintiséis y diecinueve estancias respectivamente (Acuña, 1985: 223, 237-241).

Tistla y Muchitlan eran cabeceras de la alcaldía mayor de Minas de Zumpango, la primera tenía dieciocho estancias sujetas y la segunda trece. Tlacotalpa era alcaldía mayor con cinco estancias sujetas y dos villas (Acuña, 1985: 281, 283); también la ciudad de la Veracruz era alcaldía mayor y contaba con setenta y dos pueblos (Acuña, 1985: 309, 33-335, 337) y Xalapa era provincia y alcaldía mayor, tenía diecinueve cabeceras, con un total de diecinueve estancias sujetas (Acuña, 1985: 343-374).

Xonotla y Tetela, ambos eran corregimientos, el primero comprendía las cabeceras de Xonotla, San Martín Tuzamapan, San Francisco Ayotuchco y Santiago Ecatlan, la segunda tenía la cabecera de Tetela y siete estancias (Acuña, 1985: 377-435).

Tlaxcala era una provincia y debido a la pérdida de documentos de esta zona, Gibson señala a partir de registros del censo de 1556-1557 que la provincia se extendía cuando menos hasta Xicotzingo y Mazatecochco por el sur, por el oriente hasta Soltepec y Citlatepecpoc, por el norte hasta Zocac y por el oeste hasta Ixtacuixtla. La provincia de Tlaxcala estaba conformada por cuatro señoríos que daban nombre de cada una de las cabeceras, al este Tizatlán, al norte Tepeticpac, al oeste Quiahuixtlán y al sur Ocotelulco y alrededor de cada una de ellas se agrupaban diversos pueblos y estancias sujetos a estas cuatro cabeceras (Gibson, 1967: 130-132; Ochoa, 1985: 220,

221).

Huejotzingo era corregimiento, conforme a Gerhard (2000: 144) en el año 1532 posiblemente incluía al corregimiento de Calpan, "Acapletahuacan (cf. Atrisco)" y Huaquechula, después en 1550 debido a disturbios entre los indios de Huexotzingo y Calpan, este último fue transferido al corregimiento de Cholula y para 1560 nuevamente regresó al de Huejotzingo (Gerhard, 2000: 144-145). Huejotzingo tenía en su jurisdicción a cuarenta y tres estancias sujetas, Calpan contaba con veinte estancias (AHA, Fondo Pividal, C11249/01, 1600, ff. 19-32, 35-42); y finalmente San Salvador Texmelucan, que probablemente corresponde a San Salvador Tlalnepantla era una subcabecera dependiente también de Huejotzingo que albergaba a veintiún estancias (AHA, Fondo Pividal, C11249/01, 1600, ff. 43-52; Gerhard, 2000: 146)

5.2 Regiones productoras de grana en el obispado de Tlaxcala

Para el siglo XVI existe registro documental que señala diecisiete lugares, entre provincias, alcaldías mayores, corregimientos, cabeceras y pueblos pertenecientes al obispado de Tlaxcala donde se producía grana, los cuales eran: las provincias de Tlaxcala y Chilapan; la alcaldía mayor de Acatlán y cuatro de sus cabeceras Chila, Petlaltzingo, Icxitlan y Piaztla; los corregimientos de Quautlatlauca, Texalucán, Aguatlan, Cholula, Calpan y Huejotzingo y en éste último la subcabecera de San Salvador Tlalnepantla; Tistla cabecera sujeta a Minas de Zumpango; Tecamachalco pueblo sujeta de la provincia de Tepeaca y finalmente el pueblo de San Francisco Zuzumba sujeta del corregimiento de Tetela (Figura 3).

Muñoz Camargo en su relación sobre la grana cochinilla de 1576 menciona: *“Habíala en esta tierra en la provincia de Tlaxcalla y era la mejor y mayor y más ancha y de más tinta subida y fina. Habíala en la Misteca y en Calpan y Huexotzinco y en Tecamachalco, y aunque la había y hay en otras provincias de esta tierra, era de la grana silvestre...”* (Muñoz, 2013: 257). Este autor afirma lo anterior con la finalidad de mostrar la importancia de Tlaxcala en la producción de grana. Dalghren menciona que la industria de la grana se había desarrollado impresionantemente y que en el mercado de Puebla, surtido por Tlaxcala, Cholula, Tepeaca, Tecamachalco y otros pueblos el comercio de la grana ascendía a 200,000 pesos oro anuales. En 1561 los gobernadores indígenas de Tlaxcala vendían semanalmente de 15 a 16 arrobas de grana, es decir 175 kg por semana con un valor de 900 pesos oro (Dahlgren, 1990:16). Así mismo, Gómez de

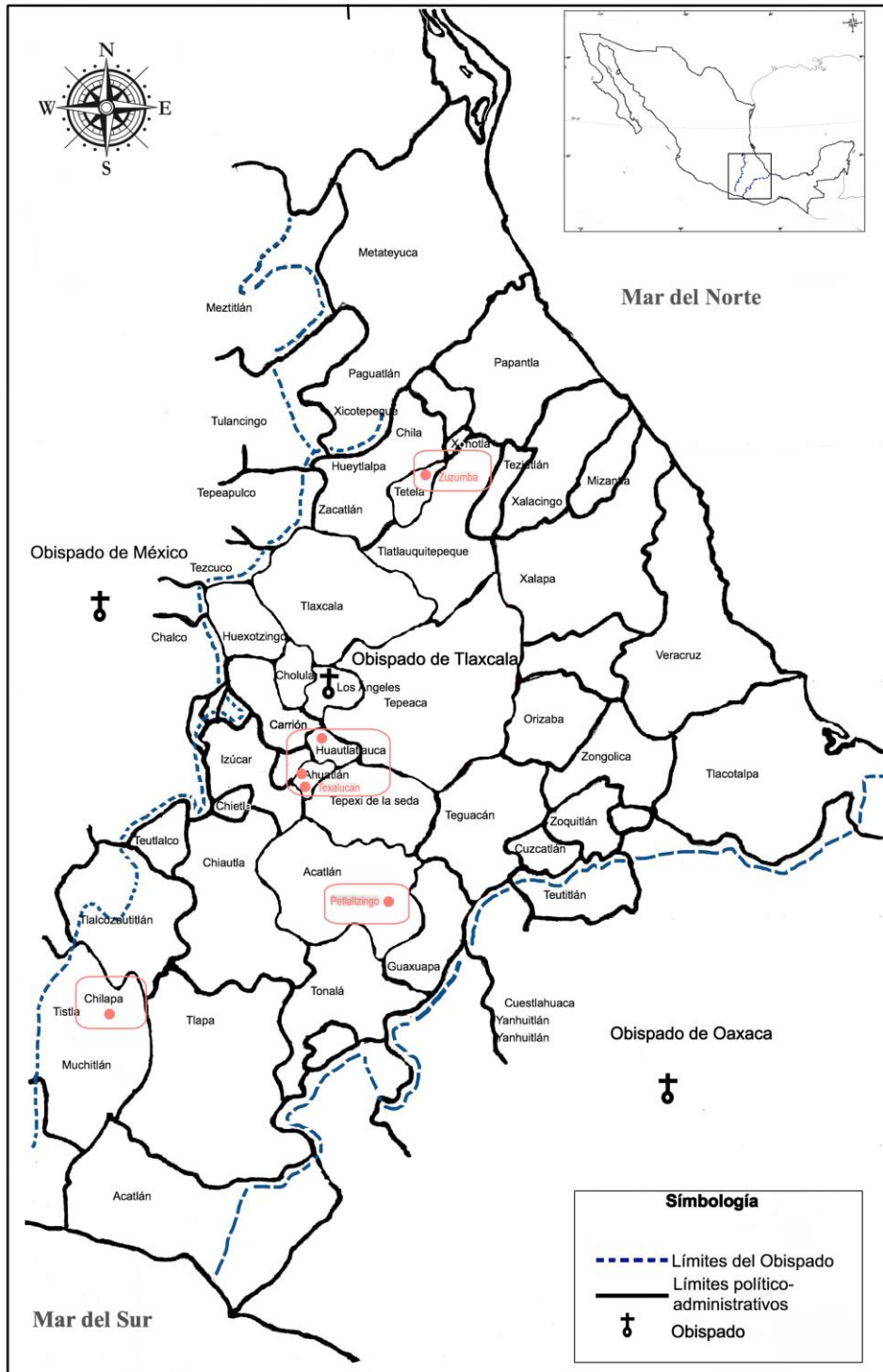
Salvador Texmelucan, como unos de los principales lugares de producción de grana en el siglo XVI (AHA, Fondo Pividal, C11249/01, 1600, ff. 19-32, 35-42, 43-52).

5.3. Descripción de los pueblos productores de grana en el obispado de Tlaxcala.

A continuación se realiza una regionalización de los pueblos productores de grana del obispado de Tlaxcala en el siglo XVI con base en hallazgos sobre las cantidades de producción del insecto en documentos históricos y se clasifican en: (1) lugares donde se “*daba poca grana*”, (2) lugares donde se “*daba bien la grana*” y finalmente, (3) lugares donde se “*daba muy bien la grana*”.

5.3.1. Lugares donde se daba poca grana en el obispado de Tlaxcala

En las Relaciones geográficas del siglo XVI se señalan seis pueblos donde se daba poca grana: Petlaltzingo, Ahuatlán, Texalucan, Chilapan, Quautlatlauca, y San Francisco Zuzumba. La baja producción del insecto se debía principalmente a que los indios eran pocos o no querían criarla y beneficiarla, cabe recordar que la cría requiere una gran inversión de trabajo y conocimientos tecnológicos para procesarla, por lo que en la época colonial la producción de la grana quedó en manos indígenas y dependía de ellos para su beneficio (Figura 4).



Fuente: Elaboración propia con base en Acuña (1985) y Ochoa (1985:226).

Figura 4. Pueblos donde se daba “poca” grana en el obispado de Tlaxcala en el siglo XVI

Es de observarse (Cuadro 5) que de entre los factores abióticos, el viento es la constante en los lugares donde se criaba poca grana, es posible que el viento propiciara el desprendimiento de los insectos, como indica Gómez de Cervantes (1944:167, 169) “... cuando hay polvos, el arena y tierra que el aire levanta hace mucho daño a la cochinilla y la descría y derriba...” y “... la furia del norte es quien más le ofende...”. Por otro lado, en Zuzumba, el clima húmedo posiblemente molestaba la cría del insecto, debido a que “... con el agua lánanse las hojas y cáense las semillas (de grana) en el suelo y piérdese...”. Finalmente, llama la atención que en todos los lugares descritos con temperamento cálido y seco se menciona que las condiciones climáticas eran buenas para la cría de la grana y a pesar de ello la producción del insecto era baja, por lo que se infiere que las características determinantes eran los conocimientos sobre el sistema y la inversión laboral que los indios debían hacer para criarla y beneficiarla.

Cuadro 5. Pueblos donde se daba poca grana en el Obispado de Tlaxcala en el siglo XV

Lugar	Cantidad y calidad grana	Características físicas del entorno	Cultivos y otra vegetación	Mano de obra
Petlatzingo	poca grana	"buen temple", "malas aguas" y vientos de todas direcciones y especialmente del norte.	trigo, uvas, anís, cominos, pepinos, melones.	pocos indios
Icxitlán	alguna grana			
Ahuatlán	poca grana	cerros en tierra caliente, seca, de pocas aguas, con fuerte viento del sur.	árboles de guayabas, ciruelas, guajes, zapote blanco y algunas tunas casi silvestre. Estériles de maíz y de otros mantenimientos.	indios que no se dedicaban a criarla
Texalucán	poca grana	cerros en tierra caliente, seca, de pocas aguas, con fuerte viento del sur.	árboles de guayabas, ciruelas, guajes, zapote blanco y algunas tunas casi silvestre. Estériles de maíz y de otros mantenimientos.	indios que no se dedicaban a criarla
Chilapan	alguna grana	tierra templada y húmeda, en un llano rodeado de sierras, las lluvias comenzaban en el mes de mayo y se intensificaban en los meses de agosto y septiembre, los vientos estaban presentes todo el año, provenían mayoritariamente del sur, algunos del norte y en menor medida del este.	maíz, pastos, trigo de regadío y algodón. Árboles de aguacate, zapote blanco, "quamuchil", nogal silvestre, algunos pinos, robles y árboles de Castilla como naranjas, cidras, toronjas, limas, limones, granados, duraznos, membrillos, higueras, manzanos y pocos "capulíes". Hortalizas como frijol, calabaza, chile, tomate, batata, jícama, maguey, chíá, plátano, rábano, lechuga, col, nabo, cebolla, pepino, melón, calabaza, garbanzo, cebada, haba, "otras yerbas para la olla".	pocos indios

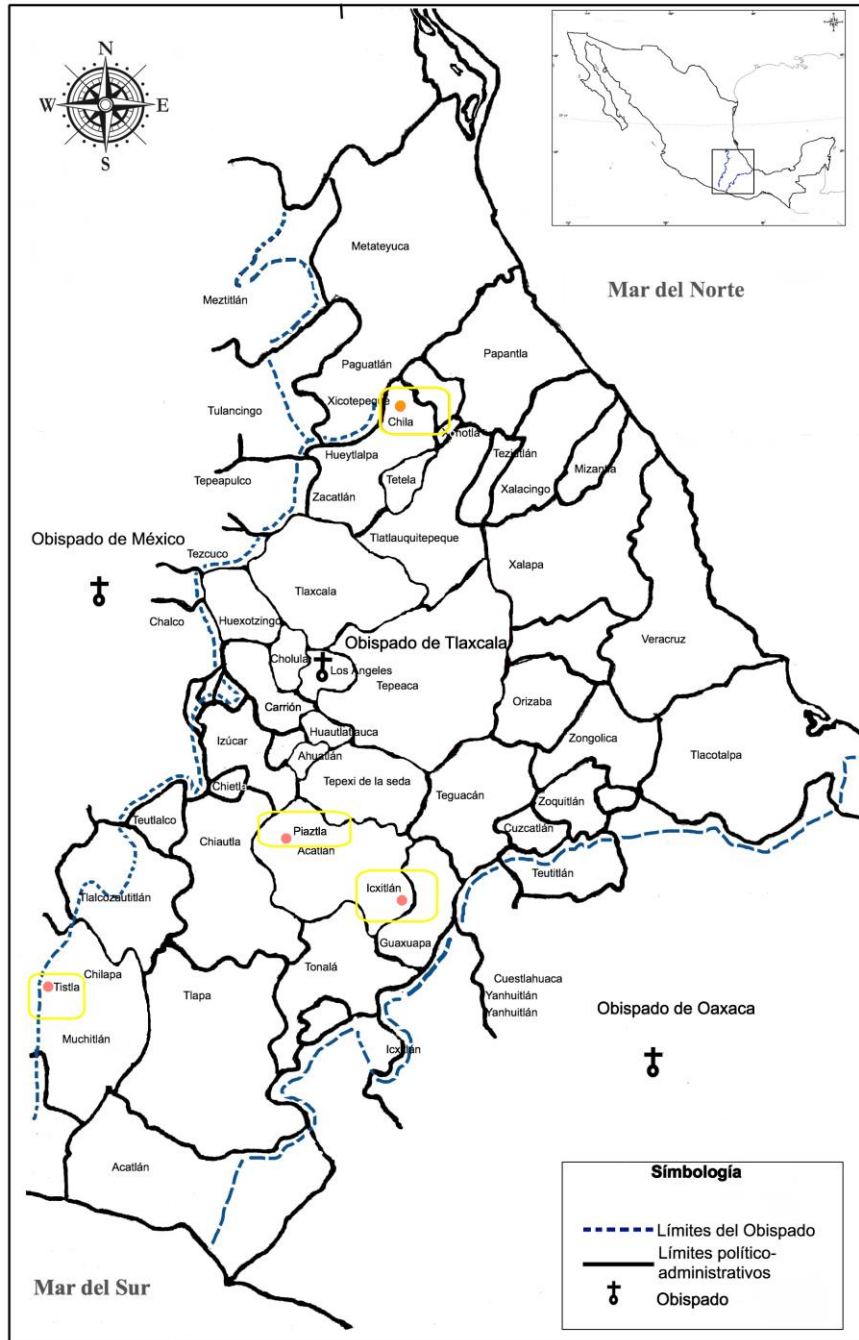
Continuación. Cuadro 5.

Lugar	Cantidad y calidad grana	Características físicas del entorno	Cultivos y otra vegetación	Mano de obra
Quautlatlauca	poca grana	tierra caliente, seca, fragosa, de pocas aguas y tardías, con vientos muy intensos, asentada en un valle, dos fuentes y cerca del pueblo pasaba el río "Atoyaque".	árboles de "izamati", guaje, anono, limón, guayabo, cidro, naranjo, maguey, tunal, y árboles de España como membrillo, granado y parra. Se daban "hortalizas y verduras de todo género, trigo, garbanzo, pimienta de tierra, calabazas de castilla y calabazas de tierra".	pocos indios
San Francisco Zuzumba	alguna grana	clima frío, húmedo, con neblina y vientos del norte y poniente la mayor parte del año, se ubicaba en una quebrada entre dos cerros, había un río " <i>...que no era de provecho para huerta ni regadíos, ni de ningún aprovechamiento por ser muy hocinado y hondable</i> ".	tierra era estéril "...de pastos, de frutos y de todos los mantenimientos".	indios que no se dedicaban a criarla

Fuente: Acuña, 1985: 50-52, 56, 67, 68, 70-71, 74, 110, 114-116, 167, 204-205, 274, 429

5.3.2. Lugares donde se daba bien la grana en el obispado de Tlaxcala

En esta categoría Acuña (1985) ubicó a Acatlán, Chila, Icxitlán, Piaztla, y Tistla (Figura 5).



Fuente: Elaboración propia con base en Acuña (1985) y Ochoa (1985:226).

Figura 5. Pueblos donde se daba bien la grana en el obispado de Tlaxcala en el siglo XVI

Todos estos lugares poseían clima cálido (Cuadro 6) y la cría de grana era una de sus principales actividades, sin embargo, según las fuentes, no se criaba la grana en las proporciones alcanzadas por Tlaxcala y sus alrededores, quizás debido en parte a que para 1548 los indios de esta región eran pocos y estaban dispersos en muchos asentamientos a lo largo de los cursos de agua, por lo que se pudo dificultar la imposición del control español para la cría del insecto (Acuña, 1985: 38-40; Gerhard, 2000: 42, 43).

Cuadro 6. Pueblos donde se daba bien la grana en el Obispado de Tlaxcala en el siglo XV

Lugar	Cantidad y calidad grana	Características físicas del entorno	Cultivos y otra vegetación	Mano de obra
Acatlán	Se da bien	tierra seca y caliente, en un valle que corría de norte a sur cercado de sierras, había dos salinas, un arroyuelo y un río.	Los árboles de la región eran guajes, “copalxocotl”, “quamochitl”, “pochotl”, “teonochtli”, “mizquitl”, aguacate, “tetzonzapotl”, “texalzapotl”, ciruelo, “yezpatli” y “tlilzapotl”. Los principales cultivos eran el maíz, frijol, chile, pepita, chía, “chiantzotzol”, “ahuautli”.	casi todos los indios la cogen
Chila	Se da bien	tierra caliente y húmeda en un valle angosto cercado de lomas.	Los árboles de la región eran guajes, “copalxocotl”, “pochotl”, “mizquitl”, aguacate, “tetzonzapotl”, “texalzapotl”, ciruelo, “yezpatli” y “tlilzapotl”. Los principales cultivos eran el maíz, frijol, chile, pepita, chía, “chiantzotzol”, “ahuautli”.	los indios la cogen para pagar tributos
Icxitlán	Se da bien	ubicado entre sierras y hacía “... <i>tanta calor, que parece horno. No vienta ningún viento...</i> ”	Las únicas granjerías de los naturales eran el cultivo de las sementeras y “labrar nopales donde se da la grana...”	indios
Piaztla	Se da bien	lugar con buen temple y buenos aires, en un llano entre cerros.	Se daban “xocotes”, guayabas, aguacates, “quauhmuchitl”, plátanos, naranjos, granadas, anonas y limones.	indios

Continuación. Cuadro 6.

Lugar	Cantidad y calidad grana	Características físicas del entorno	Cultivos y otra vegetación	Mano de obra
Tistla	Se da bien	lugar cálido, con poca agua, vientos provenientes del sur que corrían casi todo el año, en un llano rodeado de cerros ásperos.	Se daba el “aji” y el maíz, plátanos, zapotes blancos, aguacates, guamúchiles, nogales, guayabos, moreras, naranjos, limas, cidras, toronjas “y se dan parras y se da la grana, y el árbol de una fruta verde a manera de huevos, que se comen en general”	indios

Fuente: Acuña, 1985:33, 38-40, 42-43, 45-46, 51, 54-55, 59, 268, 274-275

5.3.3. Lugares donde se daba la grana “admirablemente bien” en el obispado de Tlaxcala

Los lugares ubicados en los alrededores de Tlaxcala fueron los que tuvieron la mayor producción de grana del obispado, a saber: la misma provincia de Tlaxcala y en ésta específicamente los pueblos de Topoyanco, Chichicquauhtitla, Nativitas y Atlhuetzía, Tecamachalco, Cholula, Huejotzingo, Calpan, y San Salvador Tlalnepantla (Figura 6). Lo anterior pudo deberse a la orden del presidente de la segunda audiencia para que los indígenas de los alrededores de la ciudad de Tlaxcala se dedicarían a la producción de grana (Donkin, 1977: 24). Además se debe tomar en consideración la importancia de Tlaxcala y Cholula como puntos estratégicos para el tránsito y transporte de mercancías hacia Veracruz, que era uno de los principales puntos de embarque de productos hacia España y hacia las tierras del sur, rumbo a Oaxaca (Ruz, 2008: 8).

Muñoz Camargo menciona la producción de grana en la provincia de Tlaxcala, Tecamachalco, Huejotzingo y Calpan; tal fue la importancia de los dos últimos sitios, que también son señalados junto con San Salvador Texmelucan y Cholula por De Nava en su relación (AHA, Fondo Pividal, C11249/01, 1600, ff. 19-32, 35-42, 43-52; Muñoz, 2013: 37).

De Nava destaca que Cholula gozaba “... de muy fructuosas tierras que se cría en ellas cualquier planta muy bien y en particular la grana que se da con mucha fertilidad y la hay en abundancia porque los indios de allí son más interesados que los demás de esta Nueva España por las muchas granjerías en que tratan y como tan principal esta de la grana y de tanto provecho para ellos y para este reino. Tienen particular cuidado en cultivarla por el rigor con el que se castigan si no lo hacen” (AHA, Fondo Pividal, C11249/01, 1600, ff. 1-18, 33-34; Ruz y García Morís, 2018: 107-126). En el mismo sentido, de Rojas destaca que Cholula era “... abundante de mantenimientos y frutos y falta de pastos y montes, por ser poca tierra y estar toda cultivada de sementeras y nopales”. Se daban árboles de aguacate, manzanillos silvestres, capulines, zapotes y morales; de España había albaricoques, peras, melocotones, duraznos, membrillos, granadas, higos, nueces, naranjos y limas. Se daba el maíz, chile, frijol, calabaza, chíca, “quilitl” y muchas yerbas silvestres, además de coles, lechugas, ajos, cebollas, rábanos, nabos y zanahorias. Se producía grana en grandes cantidades, “...que cuando menos se cogen, en esta sola ciudad son dos mil arrobas, poco más o menos, y, cuando más, cuatro mil arrobas, según son los años, fértiles o estériles” (Acuña, 1985:125, 136, 137; De Herrera, 1726: 172).

Al analizar la descripción que realiza De Nava para Cholula, se encontró que de las 56 estancias que poseía, en todas se criaba grana, en el 40% de ellas “bien” y en el 60% restante se daba “admirablemente bien” (AHA, Fondo Pividal, C11249/01, 1600, ff. 1-18, 33-34).

Huejotzingo se ubicaba en llano, tenía agua, tierras fértiles y de buen temple. De las 43 estancias que poseía, en todas se criaba grana, en el 84 % de ellas “bien” y en el 16 % restante se daba “*admirablemente bien*” (AHA, Fondo Pividal, C11249/01, 1600, ff. 1-18, 33-34). El ganado de las numerosas labores españolas que se ubicaban en la zona, dañaba y destruía las nopaleras, principalmente en la época de secas, en este sentido De Nava menciona: “...*en esta provincia tan poblada de labores de españoles y al tiempo de la seca no hallan que comer los ganados y así se van luego a los nopales como los hayan verdes, y es mucho el número que no puede el indio estar a la continua guardando su casa, y si alguna vez tratan de quejarse a la justicia, los labradores los maltratan y aporrean, con este temor y la poca satisfacción que de ello tienen les hace desmayar en el beneficio de la dicha grana*”, “...*de modo que con los grandes agravios y daños que les hacen desmayan los naturales en volver a plantar más nopales porque cuando están criando en dos y tres años se lo destruyen y comen en un día y noche.*” (AHA, Fondo Pividal, C11249/01, 1600, ff. 1-18, 33-34).

Calpan era tierra de gran fertilidad y apacible temple, se ubicaba en la falda del volcán Popocatepetl, por donde bajaban muchos arroyos. De las veinte estancias que poseía, en todas se criaba grana, en el 65 % de ellas “bien” y en el 35 % restante se daba “*admirablemente bien*” (AHA, Fondo Pividal, C11249/01, 1600, ff. 1-18, 33-34).

San Salvador Tlalnepantla se ubicaba en las cercanías del Popocatepetl, de donde bajaban copiosas aguas, era tierra fértil, de buen temple. De las veintiún estancias que poseía en un 14% de ellas no se criaba grana debido a la presencia de labores de españoles que dificultaban la tarea, en 62% se daba “bien” y en

24% se daba “*admirablemente bien*” (AHA, Fondo Pividal, C11249/01, 1600, ff. 1-18, 33-34). Al respecto, de Nava menciona: “*Aunque por los muchos vecinos españoles y labradores que allí se han vecindado lo tienen destruido, porque los más tienen recuas para sacar sus trigos y asimismo criar y cebar cantidad de lechones que todos los más los tienen por granjería y sin estos daños es el mayor tener tanta cantidad de labores alrededor y en contorno de este pueblo, pues desde aquí comienza todo el valle de Texmeluca, de modo que cuando viene el tiempo de seca son sin número de ganados y los daños que los naturales reciben*” (AHA, Fondo Pividal, C11249/01, 1600, ff. 1-18, 33-34).

En suma todas las tierras de esta región que se destinaban para la cría de grana eran de muy fértiles a fértiles, tenían presencia de agua, eran de “buen temperamento” y se ubicaban en llanos. El principal obstáculo para la cría de grana no era el clima, ni la ausencia de indios, sino la presencia de haciendas de españoles, debido a que el ganado y los cerdos se alimentaban y destruían las nopaleras (Cuadro 7).

Cuadro 7. Pueblos donde se daba muy bien la grana en el Obispado de Tlaxcala en el siglo XV

Lugar	Cantidad y calidad grana	Características físicas del entorno	Cultivos y otra vegetación	Mano de obra
Tlaxcala: Topoyanco, Chichicquauhtitla, Nativitas y Atlihuetzía	Se da muy bien, 200 mil ducados al año	clima templado a frío, <i>“su temple es tal que la gente anda desnuda, y los que se visten, nunca mudan vestido, ...hay otro temple más frío, que está en la parte más alta hacia el norte...”</i> , con amplios valles y llanuras, de tierra abundante y fértil.	maíz, “frutas de la tierra”, membrillos y duraznos de Castilla.	indios
Tecamachalco	Se da muy bien	En tierra llana, al pie del cerro <i>“Tlailleque”</i> , temperamento frío, seco, fundadas en calichal, en tiempo de lluvias se recogía el agua en jagüeyes.	maíz, chile, frijoles, <i>“los que podían gallinas”</i> y chíá. Había muchos árboles silvestres como pinos, robles, encinos, pinabetes, cedros, sabinas, acipreses, sauces, álamos, saúcos y tunales; también árboles frutales como <i>“capulíes”</i> , maguey, manzanos de tierra, perales, membrillos, “duraznos de Castilla” e higos. Se cultivaba el maíz, trigo en gran cantidad, frijoles, <i>“ají”</i> , <i>“xoconochtlí”</i> , <i>“itzmiquilitl”</i> , calabacitas de tierra, hongos que llaman <i>“nanacatl”</i> , coles, lechugas, rábanos, cebollas, ajos, habas y garbanzos.	indios
Cholula	Se da admirablemente bien	Buen clima, era una zona templada, con buenas y abundantes aguas, debido a que desde abril hasta octubre llovía y había pequeños arroyos y pozos, se presentaban vientos del norte, este y sur; la tierra era muy fértil y llana.	árboles de aguacate, manzanillos silvestres, capulines, zapotes y morales; de España había albaricoques, peras, melocotones, duraznos, membrillos, granadas, higos, nueces, naranjos y limas. Se daba el maíz, chile, frijol, calabaza, chíá, <i>“quilitl”</i> y muchas yerbas silvestres, además de coles, lechugas, ajos, cebollas, rábanos, nabos y zanahorias.	indios
Huejotzingo	Se da admirablemente bien	Llano, tenía agua, tierras fértiles y de buen temple.	-	indios

Continuación. Cuadro 7.

Lugar	Cantidad y calidad grana	Características físicas del entorno	Cultivos y otra vegetación	Mano de obra
Calpan	admirablemente bien	Tierra de gran fertilidad y apacible temple, se ubicaba en la falda del volcán Popocatepetl, por donde bajaban muchos arroyos.	-	indios
San Salvador Tlalnepantla	Se da bien	Se ubicaba en las cercanías del Popocatepetl, de donde bajaban copiosas aguas, era tierra fértil, de buen temple.	-	indios

Fuente: Acuña, 1985: 125, 136, 137, 226, 235, 246, 249, 251-253; De Herrera, 1726: 157, 158, 172; AHA, Fondo Pividal, C11249/01, 1600, ff. 1-18, 33-34.

5.4. Agroecosistemas de producción de grana en Tlaxcala en el siglo XVI

En la presente investigación se entiende por agroecosistema a un ecosistema que contiene especies cultivadas agrícolamente; el cual se puede analizar como un sistema tradicional que se caracteriza por contener diversidad de especies, que tienen necesidades pequeñas de insumos externos, debido a sus semejanzas en estructura y función a los ecosistemas naturales (Odum, 1984: 7-10). En relación con la información histórica analizada en los apartados anteriores, se propone la existencia de nopaleras de grana en huertos y sementeras indígenas, que permitían el manejo asociado de la grana y el nopal junto con otras especies vegetales. Agroecosistema que se transformó con la llegada de los españoles quienes impusieron un sistema de cultivo de grana al estilo europeo, con nopales sembrados en hileras, sin otras plantas asociadas, ni hierbas, sin más aprovechamiento del nopal que la producción de grana. El sistema se intensificó hasta convertirlo en un monocultivo y esto mismo, posiblemente fue una de las causas que generaron su posterior desaparición en la región.

5.5. Agroecosistema tradicional de producción de grana en Tlaxcala en el siglo XVI.

A continuación se describen algunos de los principales usos de la grana para evidenciar la relación cultural que los indígenas mantenían con ella y posteriormente se describe el agroecosistema tradicional de grana.

La grana fue de gran importancia para los diversos grupos indígenas, por ser la fuente del *“color carmín que...tenían desde la antigüedad en muy gran estimación*

para teñir ropajes y pelos de animales, de liebres y de conejos” (Muñoz, 2013: 257). Aún más, Alfredo Chavero hace una descripción del códice Zolin, donde se aprecia que en el atuendo característico de los principales guerreros tlaxcaltecas se utilizaba la grana: “Se ve a los cuatro jefes de la señoría sentados en sus icpallis o sillas señoriales, cubiertos con sus ayatl o mantas y calzados con sus cactli o sandalias, los cuatro tienen el cabello trenzado atrás y las trenzas atadas con cintas teñidas de grana... los cuatro jefes presentan en sus orejas adornos que las taladran a manera de punzones... tres de ellos tienen en el tocado el plumero, símbolos de los guerreros y una especie de corona o malacatl atada sobre la frente, en que se alternan los colores blanco y grana; los cuales eran sin duda los de la señoría” (Guzmán, 1993: 129)

Además del aprovechamiento indígena de la grana como colorante y del valor que asignaban al color rojo asociándolo al gobierno, también los nopales en los que se cultivaba la grana eran importantes, se utilizaban como parte de la alimentación, en este sentido Juan de Vera describe: *“Comían maíz hecho tortilla como ahora, y las legumbres que ahora comen, que son frijoles, pepitas, calabazas, y las pencas de las tunas donde se cría la grana, guisadas, y otras yerbas que todavía comen; y entonces y ahora comían y comen poca carne, porque no tienen para ello”* (Acuña, 1985: 38).

También, el fruto de los nopales, es decir las tunas, formaban parte de la dieta indígena y eran muy apreciadas (Gómez de Cervantes, 1944), seguramente por constituir una importante fuente de carbohidratos en la alimentación, pues contienen alrededor de 15.4% de carbohidratos totales (Esquivel, 2004: 207). Así

mismo, los nopales también eran utilizados como leña, en este sentido Acuña menciona: “...hay en los montes unos árboles silvestres que llaman tunales, que son algunos de los que se han llevado a Castilla que allá llaman higueras de las indias, y éstos sirven de leña para quemar” (Acuña, 1985: 250).

Sahagún describe además algunos usos medicinales de la grana contra enfermedades de los dientes: “Para la enfermedad de la toba de los dientes y muelas, será necesario para que no la tengamos, lavarnos la dentadura con agua fría, y limpiarse con un paño, y con carbón molido, y lavarse con sal también lavarse o limpiarse há, con cierta raíz llamada tlatlahucapatli y mezclar la grana con chile y sal; y póngase en los dientes... será bueno quitar la toba endurecida de los dientes, con algún hierro y luego ponerse un poco de alumbre molido y grana, sal y chile” (De Sahagún, 1830: 92, 93). También se usaba la grana como afeite “tienen también de costumbre teñir los dientes con grana, y soltar los cabellos para más hermosura...” (De Sahagún, 1830: 37).

Los nopales de la grana proveían del colorante, aprovisionaban a la familia de productos alimenticios básicos, medicamentos, combustible, materiales diversos y además generaban ingresos, que eran utilizados para subvencionar las necesidades de la familia.

5.5.1. Descripción del agroecosistema tradicional

Para el siglo XVI se tienen registros de la presencia de tunales silvestres en diferentes lugares del obispado de Tlaxcala (Acuña, 1985: 74, 136). Adicionalmente, Muñoz Camargo también señalaba la presencia de grandes

tunales para el aprovechamiento de tunas comestibles, de diversos sabores, colores y olores, amarillas, blancas, coloradas, encardenadas, entreveradas de blanco y colorado, dulces y agrías. Les llamaban “cardonas”, “taponas” y “camuesas amarillas y blancas”, las últimas consideradas las mejores, más dulces, sabrosas y olorosas. Al respecto el autor menciona: “*Son tunas campesinas que la tierra las produce en el tunal grande de los chichimecas, de que aquella gente se sustenta en una temporada del año; que tiene este dicho tunal, según los que han andado y mercado, más de cien leguas de longitud y de latitud poco más de ochenta leguas...*” (Muñoz, 2013: 258).

Estos tunales eran diferentes a los que se utilizaban para la cría de grana que según Acuña y Muñoz Camargo se distinguían del resto por tener fruto de “color sangre o colorado” (Acuña, 1985: 137; Muñoz, 2013: 258); los naturales les llamaban *nopalli*, los españoles árbol de tuna o tunal, en Tlaxcala *nohpalquahuitl* y *nopalli* y posteriormente se le llamó nopal (Muñoz, 2013: 257; Donkin, 1977:12).

Muñoz señalaba que había diferentes variedades de nopal para la cría de grana, los mejores eran el “*quetzalnopalli*” y el “*tomotli*”. El primero tenía hojas verdes, delgadas y prolongadas y el segundo hojas verdes, oscuras y gruesas, pero ambos poseían fruto colorado como se mencionó anteriormente (Muñoz, 2013: 260). Acorde a Donkin la especie más utilizada en la crianza de la grana fue *Opuntia ficus indica* Miller y en segundo lugar *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck (Donkin, 1977: 12).

En las Relaciones geográficas de Cholula, se describe detalladamente lo siguiente

sobre el nopal de grana: *“...un árbol como el de las tunas que se llama nopali, el cual árbol, cuando comienza a nacer, sale una hoja o penca ancha, y de aquellas salen otras y, de aquellas, otras, de suerte que ni tiene hojas ni ramas, porque todo él es pencas u hojas más largas que anchas, de grosor de un dedo y dos, y de anchor de una mano y dos. Hácese el árbol, en general, de un estado de alto, cuyo tronco, como va creciendo, se va haciendo rollizo, del tamaño de un muslo de hombre; y siempre este árbol esta verde... tiene este árbol por todo él nacidas muchas espinas, como púas de erizo, y en todas las pencas las hay, así en los llanos como en los cantos. Lleva unas tunas pequeñas, coloradas de dentro y fuera cuando están maduras, que son de ningún provecho; que parece que sólo crío Dios este árbol para que en él se criase esta grana, a la cual llaman cochinilla por ser casi a modo de las cochinillas”* (Acuña, 1985: 137).

A la grana, insecto parásito de los nopales, los españoles le llamaban cochinilla, los naturales de Tlaxcala *“tlapalli”* que quiere decir color y *“nocheztlí”* que quiere decir sangre de tuna. La describían de color *“purpurea roja colorada, de color sangre; algunas gentes le llaman carmín y otros carmesí...”* (Muñoz, 2013: 257, 259; Acuña, 1985: 139). De Alzate en su descripción de la grana, la clasificó como un *“progalli insecto”*, es decir que permanece siempre fija en las hojas del nopal, señalaba: *“Compónese de dos especies de individuos de machos y hembras, los machos son los que vuelan y gozan en su vida de una grande agilidad; las hembras (que son las que interesan a la industria) son una viva imagen del reposo, pues están destinadas a tener por sepulcro el mismo sitio en que colocaron su primera habitación”* (Alzate, 1777: 7).

En las relaciones geográficas de Tepeaca, Jorge Cerón Carvajal señalaba la presencia de “tunales caseros de grana” y cómo el manejo indígena multiplicó las diferencias de las plantas domesticadas con respecto a las silvestres: “... y *ansimismo los dichos tunales que son caseros; y éstos, con los beneficios y labores que les hacen, no tienen aspereza de espinas que los silvestres...Y este árbol lleva en mucha parte de esta provincia, cierto género de ellos la grana cochinitilla que se lleva a Castilla*” (Acuña, 1985: 250).

En el mismo sentido, Muñoz Camargo mencionaba la presencia de nopaleras de grana en huertos indígenas: “...*los naturales la labraban y cultivaban con gran cuidado y beneficio, la cual tenían en huertos cercados y guardados de sabandijas y musarañas...*” (Muñoz, 2013: 257). Asimismo, en una descripción de un plano de 1567 que acompañaba a un litigio de cuatro terrenos en Chichicquauhtitla, Ocotelulco, Tlaxcala, se señalaba la cesión de terrenos, incluyendo casas y como parte de ellas se mencionaba la presencia de huertos de grana y magueyes (Reyes, 1993: 197).

Por su parte, De Herrera en una descripción que hace de una laguna cercana a Topoyanco, Tlaxcala en 1519 menciona: “*Es muy agradable y por toda su ribera va poblada de indios, con sus sementeras, frutales y cochinitilla que de ahora se hace caso...*” (De Herrera, 1726: 158).

Podemos pensar que antes de la llegada de los españoles la grana se cultivaba en nopaleras en los huertos y sementeras indígenas junto con otras especies. Las nopaleras servían como delimitación, protección y para retener los suelos en

campos de cultivo y terrazas; además ayudan a detener la fuerza de los vientos, por lo que se establecen en zanjas junto a otros cultivos (Rojas, 1988: 87). Posteriormente con el arribo de los españoles, se sembraron junto a los nopales plantas traídas de Europa, en un sistema muy flexible que se adecuaba a los diferentes climas de la región, que van desde templado semifrío subhúmedo hasta cálidos semisecos.

Los nopales de grana se beneficiaban en huertas y sementeras en lugares de tierra caliente, secos, con poca agua y vientos intensos, que corresponden al clima cálido semiseco de la clasificación de Köppen modificado por García (1998), junto con diversidad de plantas y frutales (nativos e introducidos), como fue el caso de Acatlán, donde sembraban maíz, frijol, chile, calabaza, pepitas, chía, *chianzozotl*, *aquautli*, quelites, verdolagas, cebollas, cebollas de Castilla, rábanos, lechugas, coles, nabos, mostaza, yerbabuena, perejil, árboles de aguacate, *tetzonzapotl*, *texalzapotl*, *xocotl*, granados, membrillos, naranjos, limas, limones y cidros (De Herrera, 1726: 288).

También se encontraban nopales con grana en lugares de tierra caliente, pero húmedos y sin viento como Chila e Ixixtlán, que corresponden al clima cálido semicálido subhúmedo de la clasificación de Köppen modificado por García (1998), donde había morales, guayabos, zapotes blancos, granadas, membrillos, naranjas, limas, limones, cidras, y árboles del Perú, sementeras de maíz, chile, frijol, pepita, chía, huautli, mastuerzo, verdolagas, cebollas de la tierra y uvas (Acuña, 1985: 45).

Incluso la grana se criaba en lugares de temperamento caliente, descritos como estériles, en los que ni el maíz se daba, debido a la sequedad de la tierra como Ahuacatlán y Texalucán, que corresponden a clima templado semicálido húmedo (García, 1998), donde únicamente había árboles de guayabas, ciruelas, guajes, zapote blanco y tunales silvestres (Acuña, 1985: 67, 68, 70, 71, 74).

La grana se daba también en huertos de lugares descritos como fríos, secos, con suelo de calichal como Tepeaca y Tecamachalco, que corresponden al clima templado subhúmedo de la clasificación de Köppen modificada por García (1998), donde se cultivaba chile, frijol, xoconostle, calabacitas de tierra, chía, hongos, coles, lechugas, rábanos, cebollas, ajos, habas, garbanzos, capulines, manzanos de tierra, perales, membrillos, duraznos de Castilla, higos y magueyes, así como grandes cantidades de maíz y trigo (Acuña, 1985: 226, 250-254). También se criaba en lugares descritos como fríos, húmedos, con neblina y vientos del norte y poniente, estériles de todos los mantenimientos, como es el caso de San Francisco Zuzumba, cuyo clima acorde a García (1998) es templado húmedo. En este lugar sólo había pocos árboles de cerezos, aguacates, duraznos y grana (Acuña, 1985: 425, 429).

De igual forma, se cultivaba en clima templado subhúmedo (García, 1998), con lluvias moderadas, con buenas aguas, de tierras abundantes y fértiles de maíz, frijol, calabaza, chile, maguey, chía, huautli, "*frutas de tierra*", membrillos y duraznos de Castilla, como fue el caso de Tlaxcala (De Herrera en 1726: 157; Gibson, 1991: 146-147; Giordano, 2010: 116). Así también, la cochinilla se sembraba en huertos en clima templado subhúmedo a templado semifrío

subhúmedo (García, 1998), de tierras fértiles y con abundante agua, como Cholula y sus alrededores, donde abundaban los árboles de aguacates, manzanillos silvestres, capulines, zapotes, morales, albaricoques, peras, melocotones, duraznos, membrillos, granadas, higos, nueces, naranjos, limas, y también se daban hortalizas como coles, lechugas, ajos, cebollas, rábanos, nabos, zanahorias, así como maíz, chile, frijol, calabaza, chíá, quelites y muchas yerbas silvestres (Acuña, 1985: 125, 136, 137; De Herrera, 1726: 172).

Finalmente la grana también se criaba en algunos otros lugares de clima cálido semicálido subhúmedo, con poca agua, como es el caso de Tistla, donde se sembraba principalmente el chile y maíz (Acuña, 1985: 268, 274, 275).

Acorde a la clasificación climática actual de Köppen modificada por García (1998) la grana se criaba en lugares de cinco tipos climáticos diferentes: clima cálido semiseco, cálido semicálido subhúmedo, templado semicálido húmedo, templado húmedo, templado subhúmedo y templado semifrío subhúmedo. Posiblemente de todos estos climas el que es descrito como más favorable para el cultivo de la grana es el que corresponde al actual clima templado subhúmedo, que se consideraba se asociaba a tierras fértiles y con abundante agua, como fue el caso de Cholula y Tlaxcala.

La distribución de cada especie de organismos está determinada por sus límites de tolerancia a las variaciones de factores ambientales y factores bióticos, ya que de manera natural cada organismo requiere de condiciones precisas mínimas para su crecimiento y reproducción, sin las cuales su desarrollo quedaría restringido

(Krebs, 1985). Con respecto a los factores ambientales, la temperatura y humedad son decisivos para la cría de grana. Está documentado que 24°C es la temperatura promedio más favorable para el desarrollo poblacional de la cochinilla, a esta temperatura se puede observar alta fecundidad, supervivencia y pronto inicio de la oviposición; conforme se incrementa la temperatura se aumenta el establecimiento inicial de ninfas, disminuye la proporción de hembras-machos, y disminuye la duración del ciclo biológico del insecto. Sin embargo, también con el aumento de la temperatura la probabilidad de que la grana llegue al estado adulto es menor; en cambio, cuando la temperatura disminuye, a un promedio 20°C ocurre la tasa más alta de sobrevivencia poblacional, no obstante que se reduce significativamente la tasa de reproducción (Méndez, 1992: 43).

En lo que respecta a la humedad Llanderal y Campos (2001) consideran que la ideal para la cría de grana es de $65\pm 5\%$. Con base en lo antes mencionado, no es de extrañar que los lugares de climas templados como Cholula y Tlaxcala tuviesen mejor producción de grana que en los lugares de clima cálido. En clima cálido los ciclos de vida del insecto debieron ser cortos y probablemente las hembras no llegaban al estado adulto y finalmente en los lugares de clima frío la tasa de reproducción del insecto debió ser baja.

A pesar de lo anterior, la información histórica nos muestra que el cultivo de nopales para la cría de grana se adaptó en agroecosistemas muy diversos, en donde los nopales se asociaban con plantas de la milpa, frutales e incluso plantas introducidas. Estos agroecosistemas, que poseían alta grado de complejidad, fueron transformados por los españoles, quienes impusieron un cultivo al estilo

europeo en surcos, con separaciones precisas y sin plantas asociadas, transformando así los huertos en donde predominaba el policultivo a un sistema de plantación de monocultivo.

5.6. Agroecosistema colonial de producción de grana

A continuación se describe el agroecosistema colonial de producción de la grana en el siglo XVI en las regiones productoras del obispado de Tlaxcala, a partir de diversas fuentes documentales y bibliográficas.

El agroecosistema colonial de producción de grana se ubicó principalmente en los lugares donde se daba “admirablemente bien”, como Tlaxcala, Cholula, Huejotzingo, San Salvador Tlalnepantla y Calpan, donde posiblemente coexistió temporalmente con el agroecosistema tradicional antes descrito.

Fue impulsado por la demanda europea de tintes que se usaban cada vez en cantidades más considerables para la fabricación de telas más lujosas y duraderas, en especial las de lana fina, lino, terciopelo y seda y como materia prima para pigmentos utilizados por artistas. La grana se enviaba en las flotas procedentes de Veracruz a los puertos de Cádiz y Sevilla, y desde allí se reexportaba vía terrestre a distintos mercados de Castilla y por navíos a los puertos de Francia, Italia y del imperio otomano. (Marichal, 2017: 103, 104, 107).

Los lugares donde se impuso la explotación de grana poseían en su mayoría clima templado subhúmedo, tierras fértiles, llanas y poseían buenas aguas. Este agroecosistema contenía nopales plantados en hileras, al estilo europeo, con

distancia de siembra entre planta y planta de dos varas, a dos varas y media, es decir, entre 1.67 m a 2.09 m (Acuña, 1985: 137, 260, Gómez de Cervantes, 1944: 166, Muñoz, 2013: 260). Los nopales se renovaban cada año para incrementar la producción de grana como se ordenó en 1592 mediante la cuarta Ordenanza del Virrey Don Luis de Velasco : *“...a las justicias visiten los nopales de su jurisdicción, y manden renovar los nopales viejos y plantar nuevos en lugar de los perdidos, cuidando que se limpien y cultiven, de manera que vayan en aumento, ... lo cual hagan con mucho cuidado y diligencia, que de la omisión que de esto tuvieren se les hago cargo en la residencia”*(Alzate, 1777: 95)

Debido a la intensificación del cultivo, mediante la imposición de los españoles de sembrar nopaleras nuevas, utilizar nopales más jóvenes y sobreponer los ciclos de vida del insecto en los nopales jóvenes y viejos para cosechar grana todo el año, los indígenas estaban constantemente al cuidado de las nopaleras y la grana, contrario a lo que mencionaba Gómez de Cervantes, quien consideraba que este cultivo sólo ocupaba seis días de trabajo al año y que el indio *“más miserable de todos puede beneficiar veinticinco plantas”* (Gómez de Cervantes, 1944:180).

En la zona productora más importante de grana, que incluía a Cholula, Huejotzingo Calpan, y San Salvador Tlalnepantla, así como a los pueblos sujetos a cada una de estas cabeceras, cada vecino en promedio atendía ciento once plantas de nopal, con un mínimo de cinco y un máximo de once pencas y de cada planta se obtenían de 15.85 g a 31.72 g de grana, según fueran buenos o malos años. En esta zona productora, en el siglo XVI había 12 461 vecinos dedicados a cuidar 26 ha de nopaleras para la producción de grana en pie, al aire libre, entre

nopaleras nuevas y viejas. En conjunto, las nopaleras nuevas y viejas eran 1 millón 450 416 plantas de nopal y producían en promedio tres mil arrobas al año⁸, es decir 34.5 tn de grana en promedio por año (AHA, Fondo Pividal, C11249/01, 1600, ff. 52-53).

Las nopaleras se convirtieron en monocultivos exclusivos para la cría de grana, se les prohibió a los indígenas sembrar cualquier otra especie vegetal, con lo que se atentaba contra el sistema tradicional de producción indígena: “...y así se ha de tener muy gran vigilancia y cuidado que no se consienta entre los tunales de la grana, un árbol, ni legumbre, semilla, ni flores, ni otra cosa alguna, porque toda la fuerza de la tierra la ha de menester el tunal para dar fructo y baste sustentar la cochinilla que en él hay” y aún más: “...y así conviene que se visiten los tunales de ordinario y con mucho rigor les arranquen cualesquier árboles y plantas o semillas que se hallaren puestas entre los tunales, porque si de éste rigor no se usa no se hará cosa que sea buena” (Gómez de Cervantes, 1944:171).

Por otro lado, también les prohibieron a los indígenas que se alimentaran del nopal, como señalaba Gómez de Cervantes: “...una de las cosas que más desustancian los tunales de la grana y que más los acaban y consumen, es la fruta que ellos dan, que son unas tunas coloradas que son buenas de comer; y son tan bárbaros que con el riesgo de que se les acabe el tunal y se apoque la cochinilla de la cosecha, quieren gozar de la tuna, y es cosa muy cierta y que no recibe contradicción, que el tunal que criare tunas, cría poca cochinilla, y, ésa,

⁸ Acorde a DA (1726, Tomo I), una arroba equivale a “Pesa de veinte y cinco libras de a diez y seis onzas cada una”. De acuerdo a Castillo (2008: 499) en medidas actuales una arroba equivale a 11.5 kg.

flaca y enferma” (Gómez de Cervantes, 1944: 170-171).

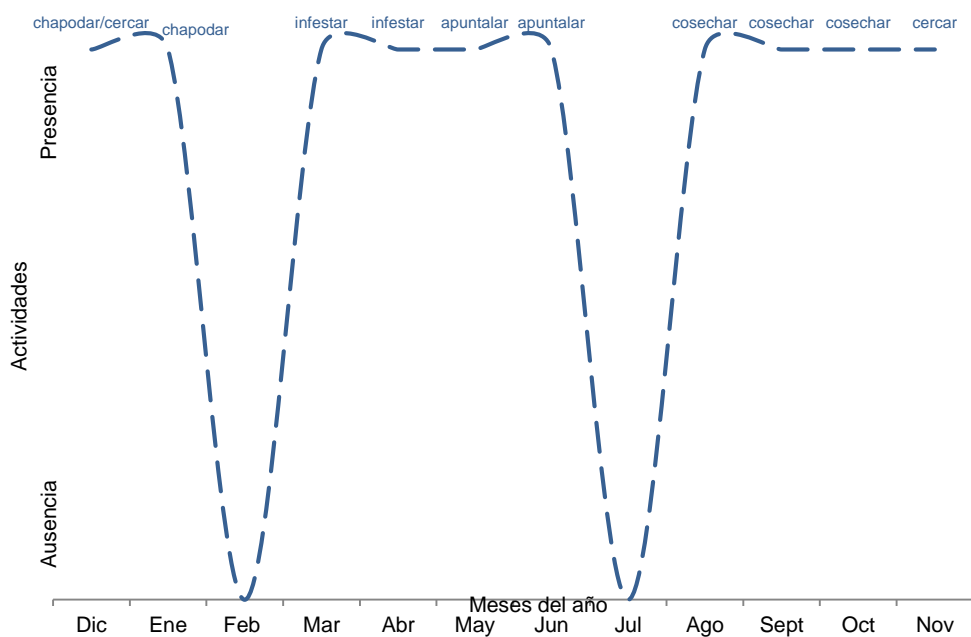
Además mediante la octava ordenanza de 1592, el Virrey Velasco prohibió que los indígenas tiñeran con grana “...*Tochomites (que son lanas hiladas y torcidas, de que usan las indias para sus bordados y adornos de cabeza), ni otras cosas, so pena de perder la tal grana para que sea quemada y la que con ella se revolviere: se impone la pena de suspensión del uso de comerciar a aquel que tratase en ella*” (Alzate, 1977: 97).

En suma, como se puede observar, con la intensificación del cultivo de la grana se generaron plantaciones perenes intensivas con un monocultivo que priorizaba el incremento de la producción del insecto, se prohibieron los usos que generalmente se le daban a la grana, y se prohibió el consumo de nopales y tunas fundamentales en la alimentación indígena, ocasionando con ello un cambio radical en la lógica de la producción.

5.7. Calendario de actividades para la cría de grana cochinilla

De acuerdo con las láminas presentes en la obra “*La vida económica y social de la Nueva España al finalizar el siglo dieciséis*”, escrito por Gonzalo Gómez de Cervantes en 1599, se establece el calendario para la cría de grana cochinilla en diferentes regiones productoras de lo que fue el obispado de Tlaxcala. El calendario se divide entre nopales viejos, es decir plantas de dos y más años de edad y nopales nuevos, que son plantas sembradas en el año en curso y hasta de

un año de edad⁹. El calendario iniciaba para los nopales viejos (Figura 7), en los meses de diciembre y enero con la chapoda del nopal, acción que consistía en retirar pencas y tunas de los nopales, para que en primavera (abril y mayo) echarán renuevos. La infestación en los nopales viejos se realizaba en marzo y abril y después, en mayo y junio las plantas de nopal se apuntalaban por abajo con palos y estacas, para evitar que se desgajaran por el incremento en el número de pencas debido al rebrote (Gómez de Cervantes, 1944: 199- 200).



Fuente: elaboración propia con base en información de Gómez de Cervantes, 1944.

Figura 7. Calendario de actividades para la cría de grana en nopales viejas, en el obispado de Tlaxcala en el siglo XVI.

La cosecha de la grana se realizaba durante todo el año, pero principalmente en agosto, septiembre y octubre, por lo que se infiere que el ciclo de vida del insecto,

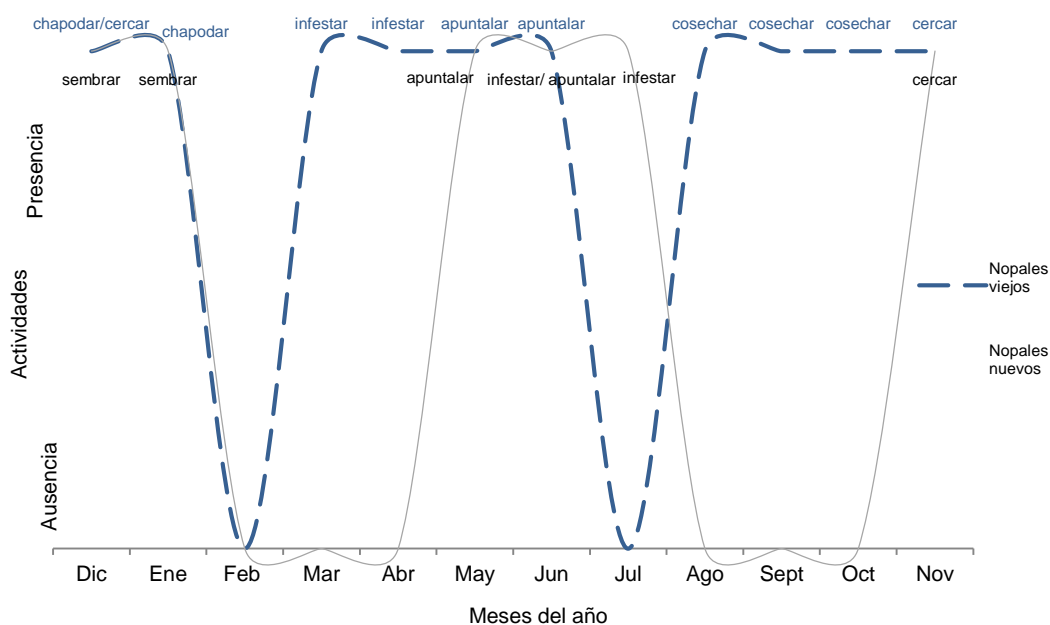
⁹ Ruz y García Moris (2018: 57) consideran que los nopales viejos son aquellos que superan la edad de diez años y los nuevos son nopales jóvenes, si fuese de esa manera, no sería necesario documentar las plantas de nopal viejas ya que serían improductivas, por lo que para esta investigación se considera que una planta de nopal vieja es aquella que tiene dos o más años y las nuevas son aquellas que recién se plantaron.

desde la infestación hasta la oviposición, duraba de cinco a siete meses. En noviembre y diciembre las nopaleras se cercaban con valladares de ramos y cañas de maíz, mismas que se sustituían cada año después de la cosecha del maíz. Durante todo el año se retiraban las tunas de la nopalera sin dejar de criar. Finalmente, después de la cosecha de grana, se chapodaban nuevamente los nopales y se repetían, año con año, las actividades antes ya mencionadas en los meses indicados (Gómez de Cervantes, 1944: 200-201).

Las pencas resultantes de la poda de las nopaleras viejas se colocaban al sol, al aire y se sembraban en los meses de diciembre y enero, para que en primavera echarán renuevos y posteriormente en mayo y junio se apuntalarán. Hasta después de seis meses o preferentemente un año después se infestaban estas plantas nuevas con grana (Figura 8), por lo que se infiere que la infestación podía ser realizada de junio a diciembre, como a continuación se detalla: si la infestación se realizaba en junio y julio se infiere que la grana se cosechaba de noviembre a enero; si se realizaba en agosto y septiembre, se cosechaba de enero a marzo; si se infestaba en octubre y noviembre, se cosechaba de marzo a mayo; si se infestaba en diciembre, al año de la siembra, se cosechaba de mayo a julio (Gómez de Cervantes, 1944: 199-201).

La infestación de grana en nopales de seis a doce meses, pudo ser una estrategia de intensificación para el incremento de producción, ya que al infestar en estos períodos se desfasarían las laborales de las nuevas nopaleras con respecto a las de las nopaleras viejas, ello debió representar mayor inversión de mano de obra para la cría del insecto, con seis meses extra fuera del calendario habitual. Apollin

y Eberhart (1999: 87) mencionan que la intensificación generalmente se logra por medio de una mayor inversión en trabajo por hectárea, aunque también se puede acompañar de un uso mayor de insumos, lo que corresponde a una intensificación por el capital. Un sistema de producción intensivo implica altas inversiones en trabajo y/o en insumos, lo que a su vez genera mucho valor agregado, por hectárea. En el caso de la cría de grana en la región de estudio se estaría hablando del primer caso.



Fuente: elaboración propia con base en información de Gómez de Cervantes, 1944.

Figura 8. Calendario de actividades para la cría de grana en nopaleras viejas y recién plantadas, en el obispado de Tlaxcala en el siglo XVI.

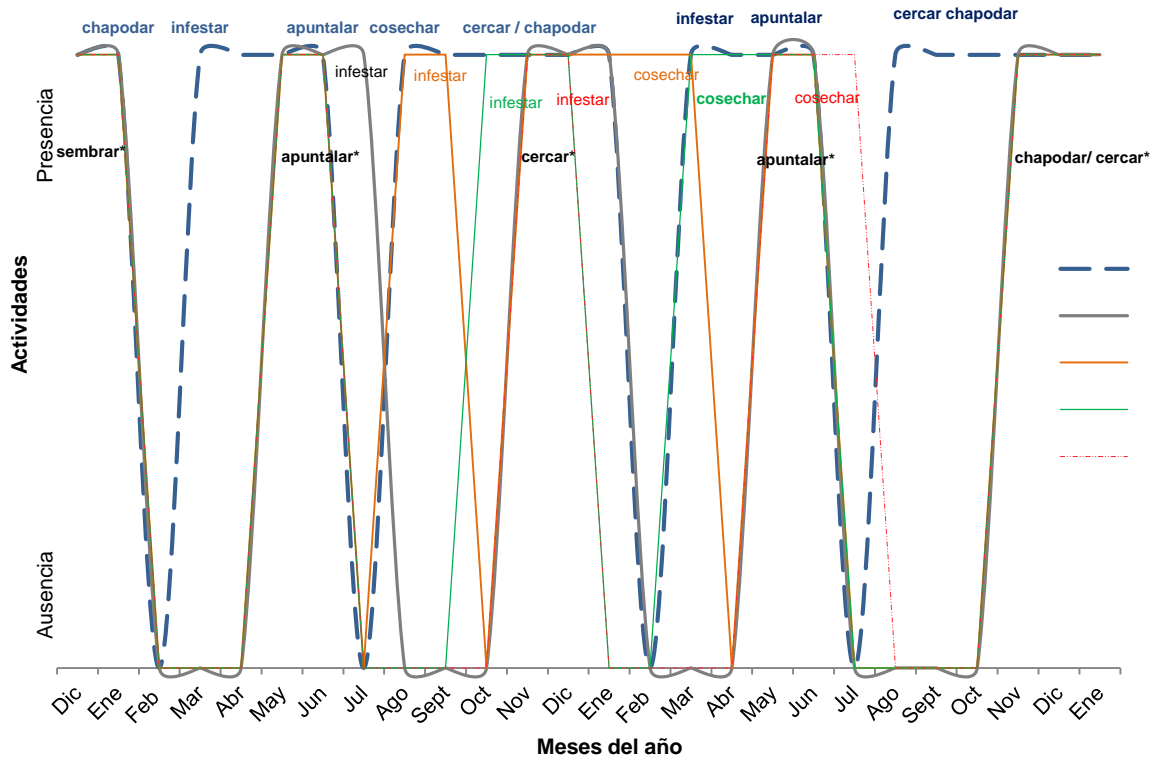
Al superponer los ciclos de cría de grana de las nopaleras viejas y nuevas (Figura 9) y si se considera el inicio de la cría en la chapoda de nopales viejos y siembra de nopales nuevos en los meses de diciembre y enero, se puede inferir que la infestación se realizaba en marzo, abril y de junio a diciembre del año posterior a la siembra. La cosecha se realizaba de agosto a diciembre del año posterior a la

siembra y de enero a julio del segundo año posterior a la siembra. De tal suerte que con la chapoda del segundo año, se emparejan las actividades de las “nopaleras nuevas” con las “nopaleras viejas” (y este quizás fuese el momento en que una nopalera nueva se comenzaba a considerar como una nopalera vieja).

Cabe resaltar que de marzo hasta diciembre (con excepción del mes de mayo) del año posterior a la siembra y de enero a junio del segundo año posterior a la siembra se realizaban labores de infestación y cosecha. Las nopaleras se mantenían hasta diez años y posteriormente se cortaban (Gómez de Cervantes, 1944; Muñoz, 2013). Todo lo anterior nos muestra que debido a la imposición de los españoles de sembrar nopaleras nuevas, los indígenas estaban constantemente al cuidado de las mismas y de la grana, dejándolos sin tiempo para dedicarse a sus sementeras lo que debió impactar su producción y sistema de alimentación.

Las siembras se realizaban de marzo a mayo y se cosechaban regularmente en septiembre, en este sistema de producción intensificado de grana, la siembra del maíz coincidía con los meses en los que se infestaban y apuntalaban los nopales y se cosechaba grana, que eran las actividades que requerían mayor inversión de tiempo y mano de obra (Giordano, 2010: 111). Siempre se hace referencia a que los indígenas de la provincia de Tlaxcala y Cholula hartos de las vejaciones que les hacían los españoles en la producción de la grana, acabaron quemando todas sus nopaleras (Castillo, 2001: 60-62; Castillo, 2013: 401). A partir del análisis de la documentación y los calendarios sobre la producción de grana, podemos señalar

que la principal vejación que sufrían los indígenas era el no poder dedicarse a sus cultivos de subsistencia.



Fuente: elaboración propia con base en información de Gómez de Cervantes, 1944.

Figura 9. Calendario de actividades para la cría de grana en nopaleras viejas y recién plantadas con infestación de seis a doce meses, en el obispado de Tlaxcala en el siglo XVI.

5.7.1. Chapoda de nopal

Con base en los documentos y bibliografía consultados, se considera que las actividades para la producción de grana inician en los meses de diciembre y enero al chapodar las nopaleras ya establecidas para obtener plantas nuevas, que posteriormente serían sembradas e infestadas con grana (Gómez de Cervantes, 1944: 199). De acuerdo al Diccionario de Autoridades chapodar es cortar las

ramas de los árboles para que pase el viento o a fin de que no se envicien en hojas y ramas. Se distingue de podar, en que éste es cortar las ramas por su nacimiento o hiema con arte y método; y el chapodar es cortar por el medio, o fin de las ramas, sin más regla que dar paso al aire o detener el vicio del aire (Diccionario de Autoridades¹⁰ tomo II, 1729).

Las plantas de nopal que serían sembradas como plantas nuevas, se obtenían de las chapodaduras de los nopales viejos, cada planta de nopal para ser sembrada de acuerdo con Gómez de Cervantes (1944: 165) y Muñoz (2013: 259) tenía como mínimo tres pencas y entre más número de ellas, mejor. Gómez de Cervantes (1944: 165, 166) menciona *“las plantas de tunales que nuevamente se ponen se han de cortar de tunales viejos cuando los chapodan y de aquellas chapodaduras han de tomar las mayores y más capaces para plantas, que tengan tres y cuatro hojas y más, cortadas del tronco principal...es muy bueno que estas plantas nuevas tengan las más hojas que ser puedan...”*. Confirmando lo anterior Muñoz señala *“...y así cuando los árboles se chapodan, la que ha de ser planta, que tenga tres hojas”* (2013: 259).

5.7.2. Siembra de nopales nuevos

Las plantas de nopal después del chapode y antes de la siembra, se colocaban de quince días a un mes al sol y al aire, a fin de retirar la humedad. En este sentido Gómez de Cervantes observó que las pencas de nopal *“se han de poner al sol y al aire quince o veinte días, que éste es el tiempo en que se pueden marchitar y pierden el frescor que tienen, y de verdes que son, se pongan lacias y amarillas y*

¹⁰ En adelante DA

que de todo punto estén marchitas” (1944: 165), Muñoz (2013: 259) coincide y menciona lo siguiente: “Y antes de que la planten, está quince o veinte días en el sol olvidada, y en parte donde se le consume parte de la mucha humedad que tiene, hasta que la planta y hojas quedan lacias y arrugadas, lo cual se hace respecto que si se plantáse luego, con la humedad grande que tiene se pudriría luego la tal planta”. Finalmente en la Relación de Cholula, Gabriel de Rojas también describe ésta actividad, aunque menciona que dura un mes y pone de manifiesto lo indispensable de ella para que las plantas “peguen”: “Es tan fértil y vicioso este árbol, que es menester que las pencas que se han de volver a plantar estén, cortadas del árbol, un mes al sol, porque si, las plantasen luego, no prenderían” (Acuña, 1985: 137).

Los nopales se plantaban, sin aporcar, de tres en tres cladodios en tierra muy labrada, cultivada y limpia de toda hierba, un cladodio quedaba metido en la tierra y los dos restantes fuera de ella, al respecto Gómez de Cervantes describe “... se han de plantar en tierra muy labrada y beneficiada y que esté muy cultivada y tan limpia, que en ella no ha de haber ningún género de yerba, porque mientras la tierra estuviere más bien labrada y beneficiada, más brevemente prenderán las plantas que se pusieron, y producirán mejor, y al tiempo que se planten se ha de advertir, que ha de quedar debajo de la tierra todo el tronco principal de la nueva planta que se pone, y metido debajo de la tierra, no se ha de aporcar con tierra muy labrada, que con esto prenden luego sin que se les haga beneficio ni riego, más que de consentir que debajo de estas plantas, no haya ningún género de yerba de ninguna calidad, porque demás de los inconvenientes que se declararon

adelante, sale lo nuevo con mucho vicio y fuerza, no habiendo debajo yerba que desustancia la tierra” (1944: 166).

De acuerdo a La relación de Cholula (Acuña, 1985: 137) los nopales se plantaban “...por sus hilos como las viñas en España”, es decir se plantaban en hileras, con la parte más ancha del cladodio de frente a donde sale el sol para proteger a la grana de factores ambientales, tal como lo documentó Muñoz “*Plántase estas hojas, cuando se ponen, de frente de donde sale el sol el anchor de la hoja, reparándolas del aire del norte, porque luego la cochinilla por su naturaleza va buscando su abrigo, porque el aire, agua, ni granizo no le ofenda, y así se enjambra y pone debajo de la hoja de tuna*” (1985: 260) .

La distancia de siembra entre planta y planta era de dos varas según Muñoz (2013: 260), y de dos varas y media según Gómez de Cervantes (1944: 166), lo que actualmente, considerando la conversión que realiza Castillo (2008: 501) en la cual una vara era igual a tres pies de Castilla, o bien cuatro cuartas de 20.9 cm, equivale a 1.67 m para la primera referencia y 2.09 m para la segunda. Esta distancia, según los autores, era necesaria para que a pesar del rebrote anual, los cladodios de diferentes plantas no se juntaran en lo alto y se pudiesen realizar en la nopalera las labores de mantenimiento y cosecha del insecto.

5.7.3. Infestación de nopales con grana

De acuerdo con Gómez de Cervantes, después de plantados los nopales, desde los seis meses y preferentemente al año, se le “*ha echar semilla (pie de cría de grana) para que comiencen a dar grana* (1944: 166)”. Acuña coincide parcialmente

con Gómez de Cervantes y señala *“Críase este árbol para dar fruto en un año”* (1985: 137); no así Muñoz para quien *“...al primer año (el nopal) lleva renuevo y a los dos años le pueden echar semilla y con esto tiene principio de criarse la cochinilla”* (1985: 259, 260).

El proceso de infestación de nopales fue descrito detalladamente por Gómez de Cervantes *“es la semilla unos granillos muy pequeños como lendrecillas, y echándolos en una vasija del tamaño de una naranja, que los indios llaman jícara, y con un hisopillo que tienen hechos con pelos de zorro, con mucha sutileza el indio mete este hisopillo en la jícara donde está la semilla y toman de esta semilla lo que a los pelos de zorro se pega y llega el hisopo a las hijas del tunal muy sutilmente, de manera que queden pegados a las hijas del tunal algunos de aquellos gusanillos, los cuales se han de poner a la parte norte, porque son de tal calidad, que no paran jamás en un lugar así, poniéndola a la parte del norte, se parte a la parte del sur, que es su perfecto lugar y donde ha de criarse, porque allí está más guardada de la furia del norte que es quien más le ofende; y cuando esta semilla se hecha ha de ser en tiempo muy sosegado y día muy claro, buen sol y en tiempo de calores, que es el mejor marzo y abril, porque cuando venga las aguas está ya la cochinilla gruesa y bien asida al tunal, porque si las aguas la toman chica y sin fuerza y mal asida, con el agua lavánse las hojas y caénse las semillas en el suelo y piérdense”* (1944: 166, 167).

Por otra parte Muñoz (2013:259) describe un método distinto para la infestación que consiste en colocar un cladodio con pie de cría de grana en las horcajaduras de la planta para que a partir de él las ninfas se dispersen, *“...y ansí, que para*

echar esta semilla y pasallo en un tunal nuevo, las llevan en unas hojas de tuna y lo van poniendo en las horcajaduras de los árboles, en pencas de la dicha tuna, y dende allí va cundiendo todo el árbol y por todo el huerto". Gómez de Cervantes discrepa del anterior autor y precisa que este método se utiliza únicamente cuando falta "semilla" (pie de cría), se escogen las pencas con hembras en plena oviposición, lo que él llama "madres", se colocan junto a la parte norte de los nopales faltos de "semilla" y con el "hisopillo" se barren las ninfas hacia los nuevos nopales para que a partir de ahí se dispersen e infesten toda la planta (1944: 167). Por otra parte, es necesario resaltar que en algunas plantas se debe dejar la cosecha para asegurar la permanencia del pie de cría de grana y la infestación de plantas de nopal viejas, ya que "...reventando el gusano salen luego los hijuelos y se van por todo el tunal enjambrando y cundiendo por todo el árbol y árboles por grandes que sean..."(Gómez de Cervantes,1944: 167; Muñoz, 2013: 259).

5.7.4. Apuntalamiento de nopales

De acuerdo a algunas fuentes apuntalar nopales consistía en colocar "horquillas y palillos" a las plantas de nopal para evitar el desgaje y quiebre generado por el incremento en el número de pencas debido al rebrote, procedimiento que tenía importancia ya que cuanto más grande fuese el nopal y más cladodios tuviese, mayor sería la cantidad de cochinilla producida, "...es necesario que como va cargando y extendiendo, se vaya apuntalando para que de ninguna manera no se desgaje, porque puesta una vez la semilla y habiendo comenzado a enjambrar tanto cuanto más grande este tunal fuere, y más hojas echare, tanta más cochinilla criaré, porque terná mejor de que sustentarse, porque como su principal sustento

es el jugo de estas hojas de la tuna...”(Gómez de Cervantes, 1944: 170). Al parecer de no llevar a cabo el apuntalamiento, los cladodios se podían desprender perdiéndose así la grana que tuvieran.

5.7.5. Colocación de cercas

Según Gómez de Cervantes la colocación de cercas era una de las actividades de mayor importancia que podía haber en el beneficio de la grana. Las nopaleras de grana debían estar cercadas con ramos o con cañas de maíz, sus funciones principales eran cuatro: controlar el paso de las gallinas a los tunales ya que *“se comen a las madres de la semilla de la cochinilla”*; impedir la entrada de ganado de todo género, *“que si entrasen se los comerían y destruirían”*; proteger los huertos de *“sabandijas y musarañas que le dañifican y comen”*; contener el aire, polvo, arena y tierra que *“hace mucho daño a la cochinilla y la descría y la derriba”* (Gómez de Cervantes,1944: 169; Muñoz, 2013: 257). Las cercas se renovaban cada año, al tiempo de la cosecha del maíz. El autor pone énfasis en que para los indios era muy fácil hacer las cercas, y que las “justicias” debían tener particular cuidado en que ellos recogieran la caña y la guardaran para hacerlas y renovarlas, *“...porque son gente que aun para sembrar el maíz que han de comer, es menester que con rigor las justicias se lo manden y apremien...”*(Gómez de Cervantes,1944: 170). Si bien para los españoles las labores relacionadas con la producción de grana se describen como “fáciles” como la construcción de cercas, la realidad es que se trata de trabajos especializados que requerían mucha mano de obra y tiempo para realizarlos.

5.7.6. Mantenimiento de la nopalera

5.7.6.1 Chapoda de tuna

Gómez de Cervantes señala que las justicias de los pueblos donde se criaba la grana tenían que hacer que se retiraran las tunas de las nopaleras destinadas a éste insecto, ya que la presencia de ellas atentaba contra su cría, disminuyéndoles y enfermándoles (1944: 170, 171, 201). Así mismo, consideraba que los indios ante el riesgo de que se les acabase el tunal y disminuyese la producción de cochinilla, quizás refiriéndose al final de la vida útil de la planta al cabo de los diez años, “*querían gozar de la tuna*”, por lo que era necesaria la intervención de las justicias para que durante todo el ciclo de vida del insecto, sin dejar de criar, se cortara la tuna (Gómez de Cervantes, 1944: 170, 171, 201). Para Gabriel de Rojas, corregidor de Cholula, las tunas coloradas del nopal no eran de ningún provecho y al parecer “*sólo Dios crío este árbol para que en él se criase la grana*” (Acuña, 1985: 137). Con esto desestimaban la importancia alimentaria que tenían. Como he señalado anteriormente el sistema de producción de nopales para producción de grana que imponían los españoles, afectaba los sistemas de producción indígena y su alimentación, al no permitirles el consumo de nopales y tuna, esta última fuente de azúcares y vitaminas esenciales para los indígenas.

5.7.6.2. Limpieza de las nopaleras

En las nopaleras de grana no se consentía la presencia de ningún tipo de hierba, esencialmente se sostenía que la fuerza de la tierra debía destinarse únicamente para que los nopales criaran grana y además porque en las hierbas se desarrollaban sabandijas y gusanillos que se alimentaban del nopal y del insecto.

En las nopaleras en los agrosistemas indígenas coexistían otro tipo de plantas, situación que cambio con la intensificación de la producción donde se les exigía a los indígenas tener nopaleras limpias y cuidadas, libres de cualquier otra planta (Gómez de Cervantes, 1944: 171, 172, 201, 202; Acuña, 1985: 138).

5.7.6.3. Enfermedades de los nopales

La principal enfermedad de los nopales del área en cuestión, es la que los naturales llamaban “*caguatl*” o sarna del tunal, se caracterizaba porque tornaba amarillas las hojas y se esparcía de hoja en hoja por toda la planta. Para erradicar esta enfermedad se debían cortar las hojas dañadas o de ser el caso el nopal completo desde las raíces (Gómez de Cervantes, 1944: 172).

5.7.6.4 Plagas de la cochinilla

A continuación se muestran los registros de animales que dañan a los nopales y a la grana, con base en la información de Gómez de Cervantes (1944) y Acuña (1985) correspondiente al obispado de Tlaxcala en el siglo XVI.

Cuadro 8. Sabandijas que hacen daño a la cochinilla.

Sabandija	Daño que genera		Autor que lo reporta
	Nopal	Cochinilla	
Gallina de tierra y de Castilla	Pican las hojas del nopal.	Se comen la cochinilla.	Gómez de Cervantes, 1944: 173
Hahayote	Se come las pencas tiernas.	Se come a la cochinilla.	Gómez de Cervantes, 1944: 173
Noxtequili	Se inserta en el pie del nopal hasta el corazón de la planta, le enferma y seca.		Gómez de Cervantes, 1944: 173
Tenchicol	Se come las hojas del nopal y las torna amarillas.		Gómez de Cervantes, 1944: 173
Nopaloquili	Se pone en el pie del nopal y lo va comiendo hasta que lo seca.		Gómez de Cervantes, 1944: 173

Continuación. Cuadro 8.

Sabandija	Daño que genera		Autor que lo reporta
	Nopal	Cochinilla	
Lagartijas		Se comen a la cochinilla y a las ninfas.	Gómez de Cervantes, 1944: 173
Zacapochin		Se come a la cochinilla.	Gómez de Cervantes, 1944: 173
Nopalaque cueaychin		Se come a la cochinilla pequeña.	Gómez de Cervantes, 1944: 173
Chichan		Se come a la cochinilla pequeña.	Gómez de Cervantes, 1944: 173
Cuymilin		No deja criar a la cochinilla.	Gómez de Cervantes, 1944: 173
Tzontzon		Se come a la cochinilla pequeña y a la que está por oviposicionar.	Gómez de Cervantes, 1944: 173; Acuña, 1985: 138, 139
Zoltzin		Se come a la cochinilla.	Gómez de Cervantes, 1944: 173; Acuña, 1985: 138, 139
Ocuilin		Se come a la cochinilla.	Gómez de Cervantes, 1944: 173

Fuente: elaboración propia con información de Gómez de Cervantes, 1944 y Acuña, 1985.

5.7.7. Cosecha de grana

En las fuentes documentales se documentó el procedimiento para recoger grana, las herramientas utilizadas para este fin eran una jícara y un palo de madera adelgazado o puntero y adicionalmente en algunos casos en el palo, del lado opuesto a la punta adelgazada, se colocaba un “*hopillo de cola de zorrillo*” (Acuña, 1985: 139, Gómez de Cervantes, 1944: 168). Los indios recogían la grana cuando ésta alcanzaba el tamaño de una lenteja gruesa. Utilizaban una jícara a la que le colocaban un cabo, a manera de cuchara, y un puntero de madera con punzón que tenía la punta tan delgada como una lezna. Con el puntero en la mano izquierda arrancaban las cochinillas maduras de las pencas del nopal y con la mano derecha acercaban la jícara para que en ella cayeran las cochinillas; al llenar la jícara la vaciaban en otra de mayor tamaño que tenían puesta en el suelo. Las manos no debían tocar las pencas de nopal “...*porque es la mano del hombre tan enconosa que de sólo llegar con el dedo a una penca, entera, se seca y pone*

amarilla y la cochinilla que está ahí enjambrada se muere y pierde; y así ha de haber gran vigilancia en no llegar con la mano a ellas.” (Gómez de Cervantes, 1944: 168; DA, Tomo V, 1737).

Por otra parte la relación geográfica de Cholula, menciona que para coger la grana, *“los indios tienen el cuidado de visitar siempre los nopales, y, en viendo la criada, la cogen, teniendo atención a dejar siempre madres para que se multipliquen”* Acuña (1985:139). Primero, con el hopillo limpiaban superficialmente la grana para retirarle la cera, *“telilla blanca”* que le cubría, y observar cual estaba *“crecida”*, posteriormente, con la parte adelgazada del palo *“echan abajo grano a grano, y la recogen con una taza hecha de media calabaza (que llaman jícara) que traen en la otra mano”* (Gómez de Cervantes, 1944: 168).

5.7.8. Chapoda

Después de cosechar la grana los nopales quedaban *“amarillos y sin sustancia, porque la cochinilla los ha desustanciado”*, se chapodaban y limpiaban, descargándolos de penca y aporcándolos por el pie con *“tierra muy cultivada y labrada”*. Se consideraba que *“con este beneficio echaban de nuevo con mucha fuerza hoja para la cosecha venidera”*. Los nopales podían servir hasta diez años y más, aunque llegados a esta edad, lo mejor era cortarlos y poner nuevas plantas, aunque por la cantidad de pencas que tenían, se podía coger de ellos más cochinilla que en seis plantas nuevas. Con el tiempo, el nopal se tornaba *“más duro”* e incrementaban las *“sabandijas”* que dañaban la planta y afectaban la cría del insecto, así mismo la grana que se criaba en tales nopales era de *“poca ley”*

(Gómez de Cervantes, 1944: 168, 169). Lo anterior permite entender los procesos implementados para incrementar la nutrición de los nopales y las medidas que tomaron para evitar que los nopales viejos con menor nutrición produjeran grana de menor calidad.

5.7.9. Sacrificio

Gómez de Cervantes documentó e investigó con gran detalle cinco maneras de matar y enjugar la grana que utilizaban los indios en el obispado de Tlaxcala en el siglo dieciséis y que nos dan cuenta de la cantidad de mano de obra que se requería para este fin: la primera, que era considerada por muchos la mejor, consistía en colocar grana recién cogida en una estera al sol por cuatro días; la segunda, también consistía en echar la cochinilla recién recogida en una estera al sol y estando la cochinilla tendida una india le pasaba por encima suavemente la palma de la mano durante dos días; la tercera, consistía en colocar la cochinilla en una olla con agua muy caliente, en seguida, se pasaba el contenido de la olla por un cedazo, donde se retenía la grana, esta última se tendía en una estera al sol por cuatro horas para que se secase; la cuarta, se ponía la cochinilla en un lienzo el cual se ataba por arriba de modo que quedara flojo, el lienzo se ubicaba en una base de varitas puestas en el medio de una olla colocada al fuego, con dos cuartillos de agua muy caliente, a manera de que no tocarán el agua, se tapaba la olla con un plato y pasados tres “credos” se sacaba el lienzo y se tendía al sol por cuatro horas; en la quinta y última, se echaba la cochinilla viva en un cántaro pequeño, se sacudía por espacio de tres o cuatro “credos” y posteriormente se ponía a secar al sol por dos días (Gómez de Cervantes, 1944:1 74-176).

Gómez de Cervantes aseguraba que de todos los métodos el que consideraba “mayor ley” (menor merma), menor dilatación y mejor vista, era el tercero. Al analizar la información que él documentó, se calcula que la merma de la grana al pasar del peso fresco al seco para el primer método se daba en proporción de 4:1 y de 2.6:1 para los cuatro métodos restantes, es decir los cuatro últimos métodos eran los mejores, ya que la grana perdía menos peso en el sacrificio y secado; el tiempo para el sacrificio y secado de la grana para el primer método fue de cuatro días, el segundo y quinto dos días, y el tercero y cuarto cuatro horas, siendo éstos últimos los mejores pues eran de menor duración y finalmente, la grana de mejor vista para los “cochinilleros” era la del tercer método.

En las Relaciones geográficas de Cholula, se describen con menor detalle dos métodos de sacrificio para la grana similares al quinto y al tercero descritos por Gómez de Cervantes: uno de ellos consistía en colocar la grana recién cogida en un lebrillo (vaso de barro vidriado con la boca más ancha que la base) que los indios andaban trayendo alrededor y refregaban con la mano hasta que la grana moría y el siguiente consistía en echar la grana en agua caliente y después ponerla a secar al sol sobre un petate o estera (Acuña, 1985: 139).

5.7.10. Producción de grana en Cholula y sus sujetos

A continuación describimos la producción de grana en el agroecosistema colonial con base en un documento que contabiliza el número de nopales nuevos, nopales viejos y nopaleras para la cría de grana en Cholula, Huejotzingo, Calpan y San Salvador Tlalnepantla (AHA, Fondo Pividal, C11249/01, 1600; Ruz y García-Morís, 2018: 57).

Las cuentas que se analizarán se hicieron directamente del análisis del documento del siglo XVII y difieren de las publicadas por Ruz y García-Morís (2018) para tres de las cuatro cabeceras que abarca el documento. Las diferencias encontradas en las sumas de nopales para las cabeceras de Cholula, Calpan y San Salvador Tlalnepantla se detallan a continuación (Cuadro 9).

Cuadro 9 . Comparativo de nopales nuevos y viejos por cabecera y por fuente.

Cabecera	<i>Relación de los lugares y pueblos...</i>		Según Ruz y García- Morís (2018)		Según nuestro análisis	
	nopales viejos	nopales nuevos	nopales viejos	nopales nuevos	nopales viejos	nopales nuevos
Cholula	449,030	614,980	417,935	549,400	418,875	548,450
Huejotzingo	104,420	90,980	101,720	93,750	101,720	93,750
Calpan	145,120	82,210	124,180	103,250	144,940	82,470
San Salvador	23,191	36,620	23,391	33,820	23,391	36,820
Total	721,761	824,790	667,226	780,220	688,926	761,490
Gran total	1,546,551¹¹		1,447,446		1,450,416	

Del análisis realizado al texto se observa que al sumar por cabecera los totales de los nopales viejos y nuevos que están mencionados en el texto y escritos en los márgenes del documento, esta cuenta no coincide con lo que Alonso de Nava declara en los folios 16-16v para Cholula, 24-24v para Huexotzingo, 29-29v para Calpan y 35-35r para San Salvador. Para Cholula la suma de acuerdo al conteo con base en el texto del documento es de 418 875 nopales viejos y 548 450 nopales nuevos, sin embargo Alonso de Nava declara 449 030 y 614 980

¹¹ Este número es el resultado que debería dar la suma entre nopales nuevos y viejos declarados por De Nava, mismo que no coincide con la suma realizada por el autor al margen del documento en mención, quien registra 1 millón 424 626 nopales.

respectivamente, para Huejotzingo la suma es de 101 720 nopales viejos y 93 750 nopales nuevos y de Nava declara 104 420 nopales viejos y 90 980 nopales nuevos. Para Calpan la cuenta es de 144 940 nopales viejos y 82 470 nopales nuevos, de Nava declara 145 120 nopales viejos y 82 210 nopales nuevos; y finalmente para San Salvador la suma es de 23 391 nopales viejos y 36 820 nopales nuevos y el autor declara 23 191 nopales viejos y 36 620 nopales nuevos.

Llama la atención que para el caso de Cholula el autor consideró 30 155 nopales viejos y 66 530 nopales nuevos adicionales, quizás por tratarse de un documento oficial que daba cuenta de la cría de la grana pudieron elevarse los totales para comprometer una mayor producción indígena del insecto.

Por otro lado, para el caso de Huejotzingo, los errores en las sumas pueden deberse al intercambio de los números correspondientes a nopales nuevos y viejos, de Nava colocó la cuenta de nopales nuevos en el margen derecho de la hoja, donde deberían ir los nopales viejos y en el margen izquierdo el número de nopales viejos, pese a que en el encabezado dice nopales nuevos, al parecer el autor colocó y sumó nopales en las columnas equivocadas.

Finalmente, la suma del total de nopales entre nuevos y viejos por todas las cabeceras, considerando los totales por cabecera que menciona de Nava debe ser de 1 millón 546 551, sin embargo en el folio 35-35v el mismo autor menciona que suman “*Un quinto y cuatrosientos y beynte y quatromill seyssientos y Veinte y seis*” y al margen aparece el número 1 424 626 nopales, por lo que de Nava omitió en su cuenta 121 925 nopales.

5.7.11. Nopaleras y nopales de Cholula

La cabecera de Cholula tenía cincuenta y seis estancias sujetas, cincuenta y dos pertenecían a San Gabriel y cuatro a San Andrés (Cuadro 10). En las cincuenta y seis estancias habían 80 085 nopaleras una por cada vecino¹², por lo que se desprende que había 80 085 vecinos. Las nopaleras de Cholula tenían 418 875 nopales viejos y 548 450 nopales nuevos. En promedio las estancias tenían ciento cuarenta y cuatro nopaleras, 9 794 plantas nuevas y 7 480 plantas viejas. A partir de estos datos se calcula que en promedio cada nopalera contenía sesenta y ocho nopales nuevos y cincuenta y dos nopales viejos. Sin embargo, se debe resaltar que la cabecera de Cholula era la que tenía mayor número de nopaleras con 5 346, lo que representa el 66% del total de las nopaleras, no obstante San Juan Cuautlancingo con sólo 136 nopaleras tenía el mayor número de nopales, 17 560 nopales viejos y 21 380 nopales nuevos. Partiendo del número de nopales y de la distancia de siembra entre planta y planta de dos varas y media¹³ documentada por Gómez de Cervantes (1944: 166) para la región y la forma en la que se plantaban los nopales en hileras (Acuña, 1985: 137), la superficie que ocupaban las nopaleras viejas de Cholula era de 182.97 ha y las nuevas 239.56 ha, esto muestra que cada vecino tenía bajo su cuidado ciento veinte plantas de nopal (AHA, Fondo Pividal, C11249/01, 1600, ff. 1-18, 33-34).

¹² Acorde a DA (1739, tomo VI), vecino *“Se llama tambien el que tiene casa, y hogar en un Pueblo, y contribuye en él en las cargas, o repartimientos, aunque actualmente no viva en él”*. Entendemos que en el documento cuando se refieren a vecinos se trata de tributarios indígenas completos.

¹³ Según Castillo (2008: 501) una vara era una medida lineal que equivalía a cuatro cuartas de 20.9 cm cada una, es decir, cada vara consistía en 83.6 cm. Dos varas y media corresponden a 209 cm.

Cuadro 10. Estancias de Cholula

Cabecera	Estancia	Cabecera	Estancia
San Gabriel	1 San Gabriel Cholula	San Gabriel	29 Santa María Zacatepeque
	2 Santa Bárbara Atetecomulco		30 San Antonio Tepatlaxco
	3 San Gabriel Ometoxtla		31 Santa María Quiotepeh
	4 San Mateo Cuanala		32 San Buenaventura Coyotzingo
	5 San Gregorio Zacapexpan		33 Santa Ana Acozatlan
	6 San Pedro Tlaltenago		34 San Martín Tlamapa
	7 Santa María Colonango		35 San Juan Tlapachtepeh
	8 Santa María Cuexcomac		36 Santa Clara Tlayxpan
	9 San Luis Cuautlaxaltepequec		37 San Matías Tianguetzmanalco
	10 San Gregorio Atzumpan		38 San Antonio Miguacan
	11 San Jerónimo Tecuanipan		39 San Miguel Xochtlan
	12 Santa María Nativitas Xala		40 San Juan Aculco
	13 San Pablo Tzomotzinco		41 Santiago Quaqualoca
	14 San Bernardino Chalchuyapan		42 San Lorenzo Olman
	15 Santa Isabel Istacsiguatla		43 San Francisco Acatepeq
	16 San Francisco Cuapan		44 San Bernardino Tlaxcalantzingo
	17 San Martín Soquitlanapa		45 San Antonio Cacalotepech
	18 San Cosme Tlaxnican		46 Santa Clara Ocoyucan
	19 San Sebastián Tlapalcuyuca		47 San Juan Xaltepech
	20 San Juan Tlautlan		48 Santa María Tecpantlayacac
	21 San Lucas Nextetelco		49 Santa Marta Tlaytec
	22 San Bartolomé Tecalco		50 San Bernabé Tezmoltitlan
	23 San Juan Cuautlantzingo		51 San Hipólito Acatlán
	24 Todos Santos		52 San Jerónimo Miaguatlán
	25 San Francisco Ocotlán		1 San Cristóbal Petlachiuca
	26 Santiago Momoxpan		2 San Pedro Cuauतेpec
	27 Los Reyes		3 San Pablo Tecuxpulco
	28 San Miguel Quacalocan		4 San Lorenzo Xoloma

Fuente: elaboración propia con base en el documento "Relación de los lugares y pueblos donde se saca la grana de la ciudad de Cholula y sus sujetos echa por Alonso de Nava, Juez de Comisión para el beneficio de ella, por el Ilmo. Señor Conde de Monterrey". Archivo Histórico de Asturias. Fondo Pividal. (1600). C11249/01, ff. 1-18, 33-34.

Huejotzingo tenía cuarenta y tres estancias sujetas (Cuadro 11), 2 107 nopaleras, una por cada vecino, por lo que se deduce que había 2 107 vecinos; las nopaleras albergaban 104 480 nopales viejos y 90 990 nopales nuevos; en promedio cada estancia tenía cuarenta y nueve nopaleras, 2 116 plantas nuevas y 2 430 plantas

viejas.

Cuadro 11. Estancias de Huejotzingo

Cabecera	Estancia	Estancia
Huejotzingo	1 Huexotzingo	23 San Esteban Tepetzinco
	2 San Lucas Atoyac	24 San Antonio Tlatenco
	3 Santa Ana	25 San Pedro Ocotepec
	4 San Baltazar Temascalac	26 San Juan Tetla
	5 Santa María Visitación	27 San Sebastián Yancuyclalpan
	6 San Buenaventura Tecalco	28 San Agustín Atzumpá
	7 San Fernando Tepustlan	29 Santa Clara Cuautlan
	8 San Juan Cuapilco	30 San Miguel Tianguizolco
	9 San Cristóbal Tlapipintepec	31 San Damián Sacapechpan
	10 Santa María Magdalena Atoyac	32 San Pedro Malinaltepec
	11 San Marcos Cuytlíxco	33 San Marcos Cuytlíxco
	12 Trinidad Tecocomulco	34 San Pedro Cualnopaltipan
	13 Santa María Concepción Moyotzingo	35 San Francisco Tepeyacac
	14 San Matías Cuamillco	36 Santa María Nativitas Atlicholoaya
	15 Santiago Xaltepetlapan	37 San Mateo Capoltitlan
	16 San Simón Tlanicontla	38 Santa María Acapetlaguaca
	17 Santa María de las Nieves	39 San Pedro Atlixco
	18 Santa María La Asunción	40 San Jerónimo Coyolan
	19 San Lorenzo Chiantzinco	41 San Juan Cuaco
	20 San Rafael Xilopepec	42 San Martín Metzotianquisco
	21 San Nicolás Zecalacoya	43 La Trinidad Tepanco
	22 San Alfonso Motetepexihuyca	

Fuente: elaboración propia con base en Relación de los lugares y pueblos donde se saca la grana de la ciudad de Cholula y sus sujetos echa por Alonso de Nava, Juez de Comisión para el beneficio de ella, por el Ilmo. Señor Conde de Monterrey. Archivo Histórico de Asturias. Fondo Pivald. (1600). C11249/01. ff. 19-32.

A partir de estos datos se calcula que cada nopalera de Huejotzingo contenía cuarenta y tres nopales nuevos y cincuenta nopales viejos; se debe resaltar que la cabecera de Huejotzingo tenía mayor número de nopaleras con novecientas, lo que representa el 43% del total y también tenía el mayor número de nopales, 36 720 nopales viejos y 33 960 nopales nuevos. La superficie que debían haber ocupado las nopaleras viejas de Huejotzingo era en 45.63 ha y las nuevas en 39.74 ha, esto muestra que cada vecino tenía bajo su cuidado noventa y tres

plantas de nopal (AHA, Fondo Pividal, C11249/01, 1600, ff. 19-32).

Calpan tenía veinte estancias sujetas (Cuadro 12) con 1 506 nopaleras, una por cada vecino, por lo que se establece que había 1 506 vecinos también; las nopaleras tenían 144 940 nopales viejos y 82 470 nopales nuevos. En promedio cada estancia tenía setenta y cinco nopaleras, 7 247 plantas viejas y 4 124 plantas nuevas.

Cuadro 12. Estancias de Calpan

Cabecera	Estancia	Estancia
Calpan	1 San Andrés Calpan	11 San Pedro Tequanipan
	2 San Buenaventura Altica	12 San Sebastián Quetzalapan
	3 Santiago Xalitzintla Los Ranchos	13 Santa María Teotongo
	4 San Nicolás de los Ranchos	14 San Benito Salatocpan
	5 San Juan Tianguizmanalco	15 San Bartolomé Colhuacalco
	6 San Baltazar las Fuentes	16 San Lorenzo Matlalcuehecan
	7 Santa María Nativitas Coatzala	17 San Lucas Atzonpan
	8 Santa Ana Elosochoca	18 San Joseph Tetliyacac
	9 San Mateo Tzescantitlán	19 San Pablo Quaco
	10 San Matías Contla	20 Santa María Magdalena Axocopa

Fuente: elaboración propia con base en Relación de los lugares y pueblos donde se saca la grana de la ciudad de Cholula y sus sujetos echa por Alonso de Nava, Juez de Comisión para el beneficio de ella, por el Ilmo. Señor Conde de Monterrey. Archivo Histórico de Asturias. (1600). Fondo Pividal, C11249/01, ff. 35-42.

A partir de estos datos se calcula que cada nopalera contenía cincuenta y cinco nopales nuevos y noventa y siete nopales viejos. San Andrés Calpan era la estancia que tenía mayor número de nopaleras con trescientos ochenta, lo que representa el 25.2% del total de nopaleras y también tenía el mayor número de nopales, treinta y seis mil nopales viejos y 15 220 nopales nuevos. La superficie que debían haber ocupado las nopaleras viejas de Calpan era de 63.3 ha y las nuevas de 36.02 ha, esto muestra que cada vecino tenía bajo su cuidado ciento cincuenta y un plantas de nopal (AHA, Fondo Pividal, C11249/01, 1600, ff. 35-42).

San Salvador Tlalnepantla tenía veinte estancias sujetas (Cuadro 13), de las cuales sólo diecisiete producían grana. Entre las estancia productoras de grana había setecientos sesenta y tres nopaleras, una por cada vecino, por lo que sabemos que había setecientos sesenta y tres vecinos; las nopaleras constaban de 23 391 nopales viejos y 36 820 nopales nuevos.

Cuadro 13. Estancias de San Salvador Tlalnepantla

Cabecera	Estancia	Estancia
San Salvador Tlalnepantla	1 San Salvador Tlalnepantla	12 San Martín Texomolco
	2 San Lucas Sanalquiluca	13 San Efrain Amaxac
	3 San Juan Toscoc	14 Santiago Cotzincó
	4 San Rafael Tlamimilolpa	15 San Pedro Atlixaca
	5 San Martín Atoyac	16 San Cristóbal Tepatlachco
	6 San Simón Atzitzintla	17 San Gregorio Aztatotolmaco
	7 San Matías Cuetzalan	18 Santa Elena Patlaxcalco
	8 Santa María Tesmeluca Santopan	19 San Felipe Teotlaltzinco
	9 San Rafael Itztapallucan	20 San Andrés Oyacatlan
	10 San Mateo Tenexcalco	21 San Miguel Tianguiztenco
	11 San Matías Tlalancaleca	

Fuente: elaboración propia con base en Relación de los lugares y pueblos donde se saca la grana de la ciudad de Cholula y sus sujetos echa por Alonso de Nava, Juez de Comisión para el beneficio de ella, por el Ilmo. Señor Conde de Monterrey. Archivo Histórico de Asturias. Fondo Pividal. (1600). C11249/01, ff. 43-52.

En promedio cada estancia tenía treinta y ocho nopaleras, 1 376 plantas viejas y 2 166 plantas nuevas. A partir de estos datos se calcula que cada nopalera contenía cincuenta y siete nopales nuevos y treinta y seis nopales viejos. La cabecera era quien tenía mayor número de nopaleras con ciento sesenta y cuatro, lo que representa el 21.5% del total de nopaleras de San Salvador Tlalnepantla y también tenía el mayor número de nopales, seis mil nopales viejos y 4 500 nopales nuevos. La superficie que debían haber ocupado las nopaleras viejas era de 10.21 ha y las nuevas en 16.08 ha, esto muestra que cada vecino tenía bajo su cuidado setenta y nueve plantas de nopal (AHA, Fondo Pividal, C11249/01, 1600, ff. 43-52).

En *“La Relación de los lugares y pueblos donde se saca la grana cochinilla de la ciudad de Cholula y sus sujetos”* hecha por Alonso de Nava y fechada en 1600, no se menciona la cantidad de grana que se producía en la región, por lo que se recurrió al dato que aporta Gabriel de Rojas, corregidor de Cholula, quien en 1581 escribió en las relaciones geográficas de Cholula del siglo XVI: *“Cógese gran cantidad de grana que llaman cochinillas (y los indios nochiztli), que cuando menos se cogen, en sola esta ciudad son dos mil arrobas, poco más o menos, y, cuando más, cuatro mil arrobas, según son los años, fértiles o estériles”* (Acuña, 1985: 136).

Pausal reporta que en promedio se producen 6 g de grana en peso fresco por penca de nopal, que merma a 3 g en peso seco, a partir de este dato se calculó que cada planta de nopal tenía de 5.3 a 10.6 pencas de nopal. El documento de Alonso de Nava cuantifica 1 millón 450 416 nopales en la región, entre plantas nuevas y viejas, por lo que utilizando los datos actuales sobre el rendimiento de la grana podemos señalar que en el siglo XVI en Cholula de cada planta se podían obtener en promedio de 15.85 g a 31.72 g de grana en seco.

En Cholula y sus sujetos, en el siglo XVI había 12 461 vecinos dedicados a cuidar 26 ha de nopaleras para la producción de grana en pie, al aire libre, entre nopaleras nuevas y viejas. Cada vecino de esta región, en promedio atendía ciento once plantas de nopal, con un mínimo de cinco y un máximo de once pencas y de cada planta se obtenían de 15.85 g a 31.72 g de grana, según fuesen buenos años o malos.

En conjunto, las nopaleras nuevas y viejas, tenían 1 millón 450 416 plantas de nopal y producían de dos mil a cuatro mil arrobas¹⁴ de grana, es decir de 23 tn a 46 tn de grana, según fuesen los años, buenos o malos; en promedio 34.5 tn de grana por año(AHA, Fondo Pividal, C11249/01, 1600, ff. 52-53). Si se considera que el costo por kilogramo es en promedio de \$1000.00 por kg, la producción anual de grana en la época colonial equivale a \$34 500 000.00 pesos actuales.

5.7.12. Conclusión

La información histórica nos muestra que el cultivo tradicional de la cochinilla se adaptó a agroecosistemas muy diversos, en donde los nopales se asociaban con otras plantas y se cultivaban en cinco tipos climáticos diferentes dentro del Obispado de Tlaxcala (Muñoz, 2013: 260). Este agroecosistema fue transformado por los españoles, quienes impusieron un cultivo al estilo europeo en surcos, con separaciones precisas y sin plantas asociadas (Acuña, 1985: 137; Gómez de Cervantes, 1944: 166; Muñoz, 2013: 260).

Los españoles crearon un sistema de plantación de monocultivo con la finalidad de incrementar la eficiencia productiva de la grana, que puede ser analizado desde tres perspectivas de intensificación: (1) se incrementó el número de nopales y la superficie de siembra, (2) se incrementó la mano de obra y el tiempo de trabajo y (3) se redujo el número de variedades de especies agrícolas.

En cuanto a la primera estrategia de intensificación, consistió en incrementar el

¹⁴ Acorde a DA (1726, Tomo I), una arroba equivale a “*Pesa de veinte y cinco libras de a diez y seis onzas cada una*”. De acuerdo a Castillo (2008: 499) en medidas actuales una arroba equivale a 11.5 kg.

número de nopales, mediante la siembra de nopales nuevos año con año, como se ordenó en 1592 mediante la cuarta Ordenanza del Virrey Don Luis de Velasco :
“...a las justicias visiten los nopales de su jurisdicción, y manden renovar los nopales viejos y plantar nuevos en lugar de los perdidos, cuidando que se limpien y cultiven, de manera que vayan en aumento, ...lo cual hagan con mucho cuidado y diligencia, que de la omisión que de esto tuvieren se les haga cargo en la residencia”(Alzate, 1777:95).

En la mayor zona productora de grana en el siglo XVI y principio del siglo XVII que incluía Cholula, Hujotzingo, Calpan y Santiago Tlanepantla había 26 hectáreas de nopaleras, de las cuales diez hectáreas eran de nopales viejos y dieciséis de nopales nuevos, con esta información se puede afirmar que del año 1599 al año 1600 hubo un incremento de seis hectáreas de la superficie sembrada. El total de nopales viejos sembrados era de 691 686 y el de nopales nuevos 758 730, por lo que se puede afirmar que hubo un incremento de 67 044 plantas.

Respecto a la segunda estrategia de intensificación esta consistió en obligar a los indígenas a incrementar el tiempo que dedicaban a actividades relacionadas con la producción de grana, generando así mismo una mayor inversión de mano de obra. Debido a la imposición de los españoles de sembrar nopaleras nuevas, los indígenas estaban constantemente al cuidado de las mismas y de la grana, dejándolos sin tiempo para dedicarse a sus sementeras lo que debió impactar su producción y sistema de alimentación.

En la zona productora más importante de producción de grana, que incluía a

Cholula, Huejotzingo, Calpan, y San Salvador Tlalnepantla, así como a los pueblos sujetos a cada una de estas cabeceras, en 1600 cada vecino en promedio atendía ciento once plantas de nopal (AHA, Fondo Pividal, C11249/01, 1600), superando lo que los españoles declaraban sobre que el indio “más miserable de todos puede beneficiar veinticinco plantas” (Gómez de Cervantes, 1944: 180).

Finalmente, la tercera estrategia, consistió en reducir el número de especies vegetales en el agroecosistema. Las nopaleras se convirtieron en monocultivos exclusivos para la cría de grana, se les prohibió a los indígenas sembrar cualquier otra especie vegetal, con lo que se atentaba contra el sistema tradicional de producción indígena (Gómez de Cervantes, 1944: 171).

Este contexto donde la racionalidad económica sustentada en el incremento de la productividad, superó al contexto de una racionalidad con predominio de los valores de uso, generó la extinción del agroecosistema tradicional de la grana y condeno a la extinción el nuevo sistema de producción de grana colonial.

CAPÍTULO 6. SISTEMA ACTUAL DE PRODUCCIÓN DE GRANA

A continuación se describe el sistema actual de producción de grana utilizando el estudio de caso de Pausal. Primero se presenta un diagnóstico sobre la zona de estudio en el que se abordan las dimensiones físico-biótica, social, económica y cultural; después se aborda la historia de Pausal, posteriormente se describe el sistema de producción de Pausal, para finalmente describir el sistema de producción de grana.

6.1. Descripción de la zona de estudio

El Sistema de producción rural Pausal S.A. de C.V., se ubica en la localidad de Toluca de Guadalupe en el Municipio de Terranate, Tlaxcala. A continuación, con la finalidad de tener una mejor comprensión del entorno donde se sitúa Pausal se describen las dimensiones físico-biótica, social, económica, y cultural del municipio de Terrenate.

6.1.1 Dimensión físico-biótica.

Terrenate (de la palabra terreno y apócope náhuatl “atexcatl” compuesta por “atl” agua y “texcatl” masa, se puede interpretar como terreno barroso), es uno de los 60 municipios del estado de Tlaxcala. Se encuentra a 2,680 m.s.n.m. y entre los paralelos 19° 28´ de latitud norte y 97° 55´ de longitud oeste. Tiene un territorio de 213,670 km² que constituye solamente el 5.26% del territorio tlaxcalteca. (POET, 2017: 9-12 y INAFED-SEGOB, 2010)

El municipio de Terrenate, se encuentra localizado en la zona nororiente del Estado de Tlaxcala, su cabecera municipal se encuentra a 2680 msnm y es la más alta en toda la entidad. Sus colindancias norte, sur, este y oeste son respectivamente las siguientes; municipios de Emiliano Zapata y Lázaro Cárdenas; Huamantla y Xaloztoc; Altzayanca y el estado de Puebla; y Tetla de la Solidaridad (POET, 2017: 9-12 ; POET, 2011: 7-8).

Su clima se encuentra definido como templado subhúmedo con lluvias en verano. Su temperatura promedio mínima más baja esta ene el rango de 6-7°C y la máxima promedio en el rango de 21-22°C. Posee un clima templado subhúmedo, con régimen de lluvias en los meses de junio a septiembre. Los meses más calurosos son abril y mayo. La dirección de los vientos en general es de sur a sureste y al norte. La precipitación promedio mínima es de 7 mm y la máxima de 151 mm (POET, 2017: 9-12).

La región montañosa se ubican al norte y al noreste (ocupa el 55% del territorio), las zonas planas, se localizan al sur (ocupa el 27% del territorio), y las semi-planas al centro de Terrenate (ocupan el 18% del total) (POET, 2017: 9-12).

En relación a la hidrografía, se encuentra integrada por un sinnúmero de arroyos temporales y permanentes. Dentro de los segundos, se ubican dos muy importantes: la Caldera con un recorrido de 9.5 km y el Arroyo Tlacaxolo con un recorrido de 7 km; asimismo se localizan dos presas: Teometitla y Tenexac. (POET, 2017: 9-12)

En cuanto a la composición de los suelos, se reportan tres diferentes tipos; a) los

andosoles, caracterizados por tener sedimentos pirolásticos, de profundidad media, sueltos y aptos para la agricultura en general; b) los cambisoles, con sedimentos pirolásticos translocados, con frecuencia con horizontes tepetatosos que dificultan la agricultura intensiva; y c) litosoles, que son extremadamente delgados, y por consiguiente sólo algunos pastizales silvestres crecen y son utilizados para el pastoreo de ganado menor (POET, 2017: 9-12).

Las Unidades de Producción Rural (UPR), ocupan una superficie de 15.2 miles de ha aproximadamente (6.3% de la superficie de Tlaxcala estado); de la superficie de estas UPRs, el 75.6% son tierras de labor; asimismo, existen alrededor de 3.5 miles de ha dedicadas a la ganadería; 16 ha con bosque; 11 con bosque o selva con pastos y 113 hectáreas sin vegetación (INAFED-SEGOB, 2010).

En ese sentido, la fauna, se encuentra integrada por conejos, ardillas, liebres, tlacuaches, gavilanes, búhos, zorrillos, zopilotes y diversas especies de aves; y la flora compuesta por bosques de pinos (*Pinus ayacahuite*, *Pinus moctezumae*, *Pinus patula*, y *teocote*), y bosques de oyamel (*Abies religiosa*). En esta vegetación se encuentra asociados ailites (*Alnus jorullensis*), madroño (*Arbutus xalapensis*), encino rugoso (*Quercus rugosa*) y tepozán de cerro (*Buddleia parviflora*) (POET, 2017: 9-12).

6.1.2 Dimensión social

El estado de Tlaxcala está dividido en 60 municipios, uno de los cuales es Terrenate, que es donde se localiza la comunidad de Toluca de Guadalupe (INEGI, 2017).

En el año 2000 Terrenate reportó 11,226 habitantes, lo cual se incremento 12.4% para 2005 y 31.3% para 2010 con respecto al año base. No obstante el crecimiento exponencial de su población en diez años, sólo significa el 11.5% de la población de Tlaxcala, que dicho sea de paso, es de los más pequeños en territorio y población del país (INEGI, 2017).

Como es posible observar, el ritmo de crecimiento anual es de 4.1%, lo que es superior al del estado que se ubica en 2.4% incluso del nacional que es de 1,8%. Acorde con este indicador, se tiene que el promedio de habitantes por familia es de 4.6, que esta por encima de los 4.3 integrantes que se reportan en promedio para el estado, inclusive la localidad de Toluca de Guadalupe con su promedio de 4.4 habitantes/familia, se encuentra por arriba del parámetro estatal (CONAPO, 2010; POET, 2011).

Durante el Censo de Población y Vivienda de 2010, el municipio reportó 7356 hombres y 7,390 mujeres, lo significa 49.8% y 51.2%, la cual no es muy diferente a la relación que se reporta para el mismo período en el estado con 48.2% y 51.8% respectivamente (CONAPO, 2010; POET, 2011: 7-8).

Ahora bien, el municipio de Terrenate se encuentra conformado por 20 localidades más la cabecera municipal. Las cinco localidades con mayor población son Terrenate, Toluca de Guadalupe, Nicolás Bravo, San José Villareal y Guadalupe Victoria con 4967, 3133, 1674, 1444 y 954 habitantes respectivamente. (ICONAPO, 2010; INAFED-SEGOB, 2010).

Por otra parte, con relación a los nacimientos y defunciones a nivel municipal en Terrenate, se tiene una tasa de 4.22% para el primero y 0.42% para el segundo, mientras que a nivel estatal estos mismos parámetros son del orden de 2.05% y 0.48% respectivamente; esto es que el porcentaje de nacimientos es sustancialmente mayor para Terrenate que para el resto del estado (2.15%,) y menor para las defunciones (0.06%) (Cuadro 14) (INEGI, 2017).

Cuadro 14. Indicadores demográficos de Tlaxcala y Terrenate (2017)

Indicador	Municipio de Terrenate	Estado de Tlaxcala
Población total	14,746	1,272,847
Población total hombres	7,356	614,565
Población total mujeres	7,390	658,282
Nacimientos	629	26,166
Nacimientos hombres	331	113,309
Nacimientos mujeres	298	12,857
Defunciones	62	6,110

Fuente: INEGI, 2017,

Un aspecto importante es lo tocante a la marginalidad; al respecto, el estado tiene un índice de -0.14984 considerado como medio, lo que lo coloca en el lugar 16 a nivel nacional. El estado de Guerrero es el que tiene el mayor índice de marginalidad (2.53236) y la Ciudad de México el menor (-1.48228); es decir, Tlaxcala prácticamente se encuentra a la mitad del escalafón (CONAPO, 2010a, 2010b).

Al interior del estado, se tiene que del total de municipios el 2.36% se encuentran en grado de alta marginalidad, 4.47% en alta marginalidad, 51.18% en media marginalidad, 16.29% en baja marginalidad y 25.70% en muy baja marginalidad. Al respecto Terrenate posee un grado medio de marginalidad (-0.03613), que lo

coloca en el tercer lugar a nivel estatal y el 1,233 a nivel nacional (CONAPO, 2010a, 2010b).

Al interior del municipio, las 20 localidades (más su cabecera) con que cuenta, tienen un muy alto grado de marginación en un 14.29%, medio en el 80.95% de sus localidades, y bajo en el restante 14.76%. Particularmente, Toluca de Guadalupe tiene un índice -0.8011 (alto grado), que lo coloca en el segundo lugar de las localidades del municipio, por detrás de Cerrito de Guadalupe (-1.0928) y por delante de la cabecera municipal que se encuentra en quinto lugar (-0.7502) (CONAPO, 2010a, 2010b).

6.1.3 Dimensión económica.

Este numeral se encuentra integrado a partir de diversos aspectos (empleo, el sector primario, el sector industria manufacturera y el comercio), que dan idea importante de las actividades que desarrollan los habitantes de Terrenate para hacer la vida, teniendo como referencia el contexto nacional y estatal.

6.1.3.1 Empleo.

De acuerdo con la Encuesta Nacional de Empleo, la Población Económicamente Activa (PEA)¹⁵ a nivel nacional es del orden de 59.5% (96.6% ocupada y 3.4% desocupada) y la Población No Económicamente Activa (PNEA) es de 40.5% (14.8% disponible y 85.2% no disponible) . Para el estado de Tlaxcala la PEA es de 61.62% (93.58% ocupada y 6.42% desocupada) y la PNEA es de 39.38%

¹⁵ La población ocupada reportada para el estado de Tlaxcala es de 473,673 y para el municipio de Terrenate de 4,083 personas (INEGI, 2017)

(25.82% disponible y 74.18% no disponible). A nivel municipal, en Terrenate se reportó un PEA de 4,200 personas que representan el 43.59% (92.74% ocupada y 7.26% desocupada) y PNEA de 56.41% (26.46% disponible y 73.54 no disponible (ENOE-INEGI, 2019; ENOE-INEGI, 2010).

El ingreso promedio de un trabajador en Terrenate, reportado por autoridades locales, (aproximadamente \$2,000 dólares americanos/año), es 60% inferior al promedio estatal, lo que nos proporciona un panorama nada halagüeño para el desarrollo de las familias en la región de estudio.

6.1.3.2 El sector primario.

Es importante mencionar que el municipio de Terrenate tiene una vocación eminentemente agropecuaria. Con respecto a la agricultura, Terrenate posee el 3.78% de la superficie total del estado, una superficie cultivada de 10,981 ha. (4.58% del estado) y una superficie cultivada mecanizada de 7,951 ha (3.54% del estado); asimismo, solo el 5% de la superficie total sembrada en Terrenate es de riego y el resto de temporal (POET, 2011: 14-15).

Los cultivos más representativos son el maíz con 2,678 ha, que representa solo el 2.31% del estado y en volumen el 2.44%, teniendo rendimientos promedio similares al resto del estado; el trigo, con una extensión de 2,558 ha que equivale al 5.6% de Tlaxcala y en términos de volumen el 6.13%. En otra lectura, del total de la superficie sembrada un 25% se dedica al cultivo de maíz, otro 25% al trigo y cebada, otro más a la papa y el resto al tomate (POET, 2011: 7-8).

Cabe mencionar que 1,274 productores agrícolas son apoyados por PROAGRO para cultivar 691 hectáreas (INEGI, 2017 y POET, 2017: 9-12). En relación a la ganadería, existen registrados 650 productores ganaderos de los cuales la mayoría se dedican a la producción de vacas de leche y carne, cerdos, borregos, cabras, ovinos, caprinos y aves de corral de traspatio (POET, 2011: 7-8).

Otra actividad pecuaria importante es la producción de miel, donde su producción de 15.4 tn (16.2% del estado) que represento el 1.61% de los ingresos en el estado por este producto. (INEGI, 2017).

6.1.3.3 El sector manufacturero.

Mención especial merece el sector manufacturero, que en el municipio sólo se encuentra representado por algunos talleres de artesanías. En ese sentido, los 7 talleres que dan empleo a 20 personas, representan el 0.31% y el 0.28% del estado. (INEGI, 2017)

6.1.3.4. Comercio.

Finalmente, la última actividad económica es el comercio, donde su red se encuentra integrado por puntos de comercio principalmente de productos alimentarios, a saber: ocho tiendas Diconsa y un tianguis. Debido a las vías de comunicación, Tlaxcala es proporcionalmente a su territorio uno de los estados que pose mayor cantidad de kilómetros de carreteras, la población se desplaza de manera eficiente a ciudades medias (como Huamantla y Apizaco) e incluso a la capital del estado, donde la infraestructura es mayor y los precios de bienes y

servicios menores (INEGI, 2017).

6.1.4 Dimensión cultural.

El concepto de cultura normalmente se refiere al conjunto de bienes materiales y espirituales de un grupo social transmitido de generación en generación a fin de orientar las prácticas individuales y colectivas. Incluye lengua, modos de vida, costumbres, tradiciones, hábitos, valores y conocimiento (Tylor, 1975: 29-46).

El municipio de Terrenate, cuenta con importantes tradiciones: el carnaval y las fiestas patronales de las 7 comunidades. (INAFED-SEGOB, 2010 y POET, 2017: 41-44).

El carnaval se realiza el domingo, lunes, y martes, antes del miércoles de Ceniza. Los tres días se reúnen por la mañana, entre las 8 y las 10 horas, en la casa del mayordomo, ahí se empieza a bailar. Los danzantes salen a bailar a donde son invitados, una vez terminado el baile se les ofrecen refrescos, golosinas o comida, pero nunca dinero (INAFED-SEGOB, 2010).

El lunes y el martes terminan de bailar en la noche, entre las 21 y las 22 horas. El traje de los danzantes está compuesto por calzoncillos hasta la rodilla, con cascabeles alrededor; media nagüilla de color chillante, hecha en tela de algodón a la que se le puede poner adornos de espejos; medias de color carne; botines negros; camisa o pechera de colores fuertes; sombrero de palma adornado con flores de colores hechas en papel y con tiras de papel de china que le cuelgan por la parte posterior. Además, portan máscaras grotescas. Anteriormente, se hacían

de cuero o de hoja de lata por los propios danzantes (INAFED-SEGOB, 2010).

En las fiestas patronales, se puede apreciar la danza de negritos acompañada de un solo violín, los sones que tradicionalmente se ejecutan llevan el nombre del corte de la danza que se está ejecutando, así se hallan nombres como: el saludo, la presentación, la promesa, son cruzado, la cadena, punteando, la cruz, respaldeado, respunteado, media vuelta, vuelta entera, entre otros (INAFED-SEGOB, 2010; POET, 2017: 41-44).

La celebración al santo patrón San Nicolás de Tolentino se inicia nueve días antes del 10 de septiembre (día principal) con el llamado novenario. Diariamente se ofician misas a las 9 de la mañana y se realizan rosarios por las tardes, a partir de las 16 horas (INAFED-SEGOB, 2010).

El municipio también cuenta con un patrimonio arquitectónico e histórico, basado en templos y haciendas que dan testimonio vivo de la cultura local: La Parroquia San Nicolás (S. XVII), el Archivo Parroquial (1655), la Hacienda de San Pedro Tenexac (S. XVI) que es monumento histórico nacional, la Hacienda San Diego Baquedano, la Concepción la Noria, la Candelaria, San Juan Tepeyahualco y San Francisco Teometitla (POET, 2011: 7-8).

Otro indicador relevante de la cultura es la lengua; al respecto, a nivel estatal los hablantes de lengua indígena (principalmente náhuatl) solo alcanzan el 2.74% y de monolingües el 0.46%; para el caso de Terrenate, los hablantes de lengua indígena y monolingües son inexistentes según las fuentes oficiales (INEGI, 2017).

6.2. Historia de Pausal

Pausal es un sistema de producción familiar campesino tlaxcalteca, que empezó la producción de grana en el año 2000. La jefa de familia, Doña Inés, inició con este proyecto por recomendación de un doctor del IPN que le comentó que era un buen negocio, al respecto ella dice: *“yo no sabía para qué servía la grana, pero me llamó la atención que era un gusano que no se moría”* (Sra. Inés, comunicación personal, 01 de julio de 2017).

Aún sin saber la utilidad del insecto, intentó producirlo, con pie de cría regalado, en un terreno de 2 ha de un vivero abandonado que pidió prestado a su pueblo, Toluca de Guadalupe, y que le concedieron a cambio del pago de dos tarjetas de agua. En principio y debido a la falta conocimientos sobre la cría del insecto, colocó los nopales con grana en un espacio completamente cerrado, sin luz, por lo que el insecto murió antes de completar su ciclo de vida. Al constatar la muerte del pie de cría inicial, realizó un segundo intento con aproximadamente 200 g de pie de cría de grana que nuevamente le regalaron.

En el segundo intento, modificó todas las condiciones de cría que previamente había utilizado, colocó en esa ocasión a los nopales con grana en un espacio donde realizaron la instalación de un calentador y focos para que la grana tuviese calor y luz las 24 horas del día, observó que la grana sobrevivió y que más aún, *“bichitos andaban por ahí”* en las pencas, es decir, se reprodujo, por lo que decidió continuar con la cría del insecto. Motivados por la sobrevivencia de su insecto y debido a que no contaban con los recursos económicos (mil pesos) para comprar

un módulo de cría, realizaron su primer módulo de madera, que en el año 2002 trasladaron al patio de su casa, donde la familia, con base en el ensayo previo y haciendo uso de sus conocimientos campesinos, le realizó dos modificaciones más y sembró su nopalera.

Como puede observarse la familia no poseía conocimientos técnicos agrícolas sobre la producción de grana, pero si un amplio bagaje heredado de conocimientos campesinos. En este sentido Toledo (1991) y Altieri (1993: 29) consideran que el conocimiento campesino procede del aprendizaje experimental, como sucedió en Pausal, en el que está implícita la búsqueda y ensayo de nuevos métodos de cultivo para superar limitaciones biológicas y socioeconómicas. El conocimiento campesino permite clarificar las formas en que los campesinos perciben, conciben y conceptualizan los ecosistemas de los que ellos dependen para vivir y es un componente decisivo en la implantación de la estrategia campesina de supervivencia, basada en el uso múltiple y refinado de los recursos naturales (Toledo, 1993: 7).

La producción de grana continuó y se perfeccionó con base en las observaciones y el conocimiento que la familia adquiría. La cría de grana se convirtió en una de las principales actividades que realizaban, a la cual se sumaron todos los miembros de la familia. El conocimiento campesino les permitió desarrollar, aprender, emplear, dar valor y significado a una nueva actividad económica para mejorar su bienestar; en otras palabras diversificaron sus actividades como estrategia de vida (Ellis, 2000: 2 ; Scoones, 1998: 8,9).

La producción de grana se vende a artesanos de Oaxaca, artesanos de Puebla, artesanos de Contla, a la Casa de artesanías de Tlaxcala y a la empresa Altecsa SA de CV, una empresa mexicana ubicada en Huamantla, que se dedica a la transformación y venta de ingredientes naturales para alimentos (colorantes, enzimas, conservadores naturales, nutrificionales, cultivos lácteos, probióticos y saborizantes) (Altecsa, 2019).

En el año 2010 los integrantes de Pausal con el acompañamiento de la empresa Altecsa, visitaron a Campo Carmín en el estado de Morelos, una empresa dedicada a la producción intensiva de grana bajo invernadero, con quien adquirieron, mediante un préstamo un paquete productivo que consistía en un invernadero, penca, pie de cría y capacitación para producir grana de manera intensiva. En el año 2011 Pausal ya tenía su propio invernadero, tenían el pie de cría que Doña Inés cuidó y reprodujo por años sin haber recibido el pie de cría y la capacitación de Campo Carmín e iniciaron con la producción de grana bajo invernadero.

Llenaron las nopalotecas al 70%, pero al paso de los días las pencas se pudrían, por lo que no obtuvieron la primera cosecha. Debido a esta situación seleccionaron y separaron las pencas que se encontraban en buenas condiciones, aunque tenían muy pocos insectos, en el mejor de los casos cuatro o cinco cochinillas y con ello realizaron un nuevo intento de producción, pero detectaron que cuando afuera del invernadero se sentía calor, adentro se sentía frío, condiciones que según comenta Doña Inés, hicieron que el ciclo de vida de la

grana durará de 8 a 9 meses y sólo se produjeran 50 kg anuales de cochinilla en seco.

Se debe mencionar que el invernadero tipo que instalaron estaba ajustado a las condiciones medioambientales del Municipio de Emiliano Zapata, Morelos y no a las de Terrenate, Tlaxcala.

Por otro lado, al tiempo que tenían problemas con las pencas al interior del invernadero, recibieron la visita de un ingeniero que les enseñó a realizar composta para nopales a cambio de que Pausal enseñara a un grupo de personas a producir grana. La composta se utilizó en ese momento para desechar la gran cantidad de nopales que se pudrían.

En el año 2012 debido a la baja producción, y sin estar seguros de que fuese la razón, decidieron cambiar el plástico de la parte superior del invernadero. Con el cambio del plástico la producción ascendió a 200 kg anuales de grana en seco, sin embargo debido a los problemas que previamente habían tenido, no contaban con penca suficiente para continuar con la producción al año siguiente, en palabras de Don Paulino: *“ un año con grana y al otro sin nopal”* (Sr. Paulino, comunicación personal, 08 de septiembre de 2018).

En el año 2017 cambiaron toda la cubierta del invernadero y lograron obtener nuevamente una producción de 200 kg con lo que finalmente terminaron de pagar el préstamo que habían adquirido al instalar el invernadero. Respecto al Invernadero Paulino comenta: *“...tiene que fijarse en el clima donde vive, porque a nosotros nos pusieron un hule que no funcionó, tuvieron que pasar cinco años*

para que nos diéramos cuenta que no funcionaba, no les llegaba luz a los insectos, afuera hacía calor, adentro del invernadero hacía frío. La cubierta salió de las cosechas del maíz, agarramos tierras a renta o al tercio, hemos logrado cultivar hasta 50 hectáreas y hubo un año que nos fue bien y ese año decidimos cambiar la cubierta. El mismo constructor de Campo Carmín nos ayudó, hicimos amistad con él...” (Sr. Paulino, comunicación personal, 01 de septiembre de 2018).

En los párrafos anteriores se pone de manifiesto primeramente el carácter local de conocimiento campesino y además podemos observar cómo la gente de Pausal está creando un nuevo conocimiento técnico agrícola sobre la producción de grana en el entorno local, un conocimiento que puede sólo ser creado por quienes viven y usan los recursos de un lugar, ya que conocen las relaciones ecológicas que en él existen (Berkes *et al.*, 2003: 12).

En primavera de 2018 nuevamente bajó la producción, según comenta Doña Inés *“la grana se insoló”*, se empezó a morir por el calor. Al respecto, Paulino comentó *“...si no ha sido porque doña Inés todos los días viene y que la raqueta que ve buena la pasa para acá y le pone cartón no tuviéramos insectos. Yo sembrando maíces, yo estaba tranquilo porque le prestamos 6 kg de grana a los compañeros de Salvatierra Guanajuato y ellos tienen el invernadero más grande y en seis meses lo llenaron totalmente, yo dije con 6 kg de grana llenamos el nuestro, pero resulta que se les muere toda la grana y no nos la pudieron regresar”* (Sr. Paulino, comunicación personal, 01 de septiembre de 2018).

Actualmente Doña Inés comenta *“ya ahorita es una obligación, ojalá me muera yo cuando vea que el proyecto ya dejó para que el chamaco vaya a la escuela, el yerno deje el trabajo y tenga el trabajo que quiere en el campo, deje de andar en las carreteras, el carro ya está en los últimos días y ya no va a haber... primero Dios para el próximo año”* (Sra. Inés, comunicación personal, 23 de diciembre de 2018).

El estudio de caso de Pausal nos ayuda a entender que el conocimiento ecológico tradicional, que para esta situación particular también podemos llamar campesino, permitió el desarrollo de estrategias para la creación de un “conocimiento tradicional nuevo” sobre un cultivo que antes no conocían, la grana, en el que incluso han logrado obtener un producto de primera calidad.

6.3. Estructura de la unidad familiar

Pausal es un sistema de producción familiar tlaxcalteca, que de acuerdo con la definición establecida por Wolf (1971: 12,14,16,19), también es campesino, es decir, son agricultores rurales que existen en el seno de una sociedad más amplia, que además de producir el mínimo de calorías requerido para mantenerse con vida; producen la cantidad necesaria para mantener sus elementos básicos de producción y consumo, no sólo en el aspecto técnico sino también en el aspecto cultural; producen lo necesario para pagar el fondo ceremonial que regula sus relaciones sociales y producen los excedentes que transfieren a un grupo dominante que no produce sus propios alimentos y los emplea para asegurar su

nivel de vida, es decir, producen los excedentes necesarios para cubrir los fondos de reemplazo, ceremonial y de renta (Wolf, 1971: 12, 16, 17, 19, 21).

Entre los campesinos, la familia es unidad económica, constituida por tantas manos en el campo como integrantes de la familia y es unidad de consumo (Wolf, 1971: 24). Para Chayanov “*la primera característica fundamental de la economía campesina consiste en que es una economía familiar*”. Toda su organización está determinada por la composición de la familia, el número de miembros, su coordinación, sus demandas de consumo y el número de trabajadores con el que cuenta (Chayanov, 1931:144-145).

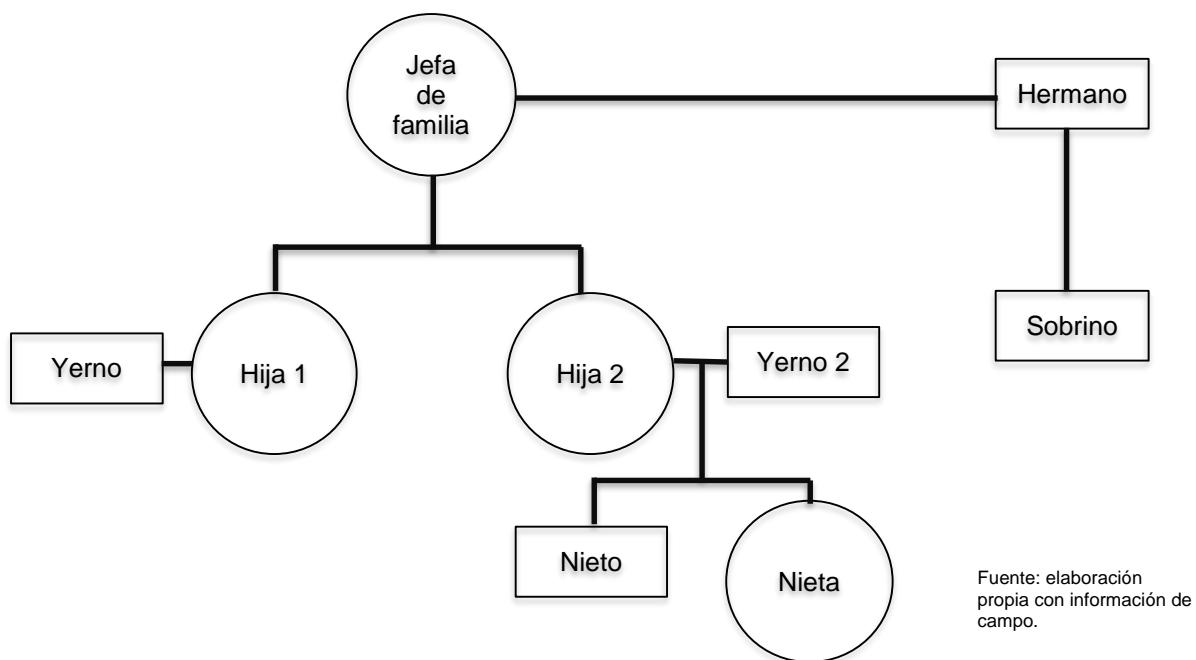


Figura 10. Estructura de la organización familiar de Pausal .

Pausal, es desde la definición clásica de Wolf (1971: 83, 86), una familia extendida, que agrupa en un mismo marco de organización a cuatro familias nucleares, dos de una generación y dos de la generación siguiente y todas trabajan juntas para el sustento de la familia. En la primera generación una de las familias nucleares está constituida por la jefa de familia y sus dos hijas y la segunda familia nuclear, por el hermano y su hijo. En la segunda generación las dos hijas, formaron cada una, una familia nuclear.

En suma, Pausal es una familia matrifocal, con nueve integrantes, tres hombres, tres mujeres, dos adolescentes y una niña (Figura 10). Cada uno de ellos realiza funciones específicas que aseguran el mantenimiento de la unidad productiva.

6.4. Distribución de la fuerza de trabajo

Wolf (1971: 91, 92) menciona, que las familias extendidas son mucho más flexibles que las familias nucleares, pues acumulan mayor fuerza de trabajo en la unidad doméstica, también permiten la diversificación de los cultivos y la diversificación del trabajo en distintos oficios; no obstante estas ventajas, existen desventajas, como las tensiones que se crean entre los miembros por decidir sobre la sucesión del papel del jefe del hogar.

Estas unidades domésticas complejas, pueden mostrar una considerable división del trabajo; las actividades que realiza cada uno de los miembros dependen de la edad, el género, y los conocimientos que poseen, en ocasiones éstas se reajustan de acuerdo a las necesidades de la familia (Wolf, 1971: 91), tal como sucede en Pausal.

La familia dispone de tres hectáreas de nopaleras para el cultivo de nopal para grana. Las parcelas se reparten en dos zonas, propiedad de dos de los miembros de la familia. Una parte corresponde a la herencia de uno de los yernos (Paulino) y otra a la de una hija (Lucila) de la cabeza de familia.

La familia posee todas las herramientas necesarias para el trabajo agrícola: picos, palas, azadones, bomba de fumigar, una trilla, carretillas, cepillos, ganchos y un tractor; además de un invernadero para grana y otro para nopal. En cuanto a las actividades, Doña Inés, la jefa de familia, se dedica al monitoreo de la producción de grana dentro del invernadero, pero también es quien sirve la comida a diario y alimenta a los perros que cuidan las parcelas. Salomón, uno de los yernos, atiende las parcelas de nopal, el invernadero de jitomate y el cultivo de cilantro. Paulino, el segundo yerno realiza actividades relacionadas con la producción de grana (transporte de penca, infestación, colocación de ganchos, colgado de penca y cosecha). Además es responsable de la parcela de maíz, trigo y cebada, que trabaja en conjunto con Salomón. Ambrosio, el hermano de doña Inés, la apoya en las actividades al interior del invernadero y por las noches se queda en las huertas para vigilar, cumpliendo la función de velador. Levis, una de las hijas, apoya con el lavado de grana desde el hogar y realiza todas las labores domésticas para todos los integrantes de la familia, como arreglo y limpieza de la casa, lavado de ropa, cuidado de los niños y elaboración de comida; adicionalmente atiende el negocio de la familia (tienda de abarrotes) y teje carpetas y rebozos para vender, por lo que sus actividades las realiza principalmente en el hogar. Lucila, la otra hija, se encarga de detectar grana silvestre al interior del invernadero, de la venta de

grana, del registro de las ventas y de la administración de la economía familiar. Los tres adolescentes ayudan los fines de semana y en los periodos de vacaciones escolares, colocan ganchos en nopales, cuelgan pencas, cosechan, lavan grana y trasladan pencas del invernadero a la composta.

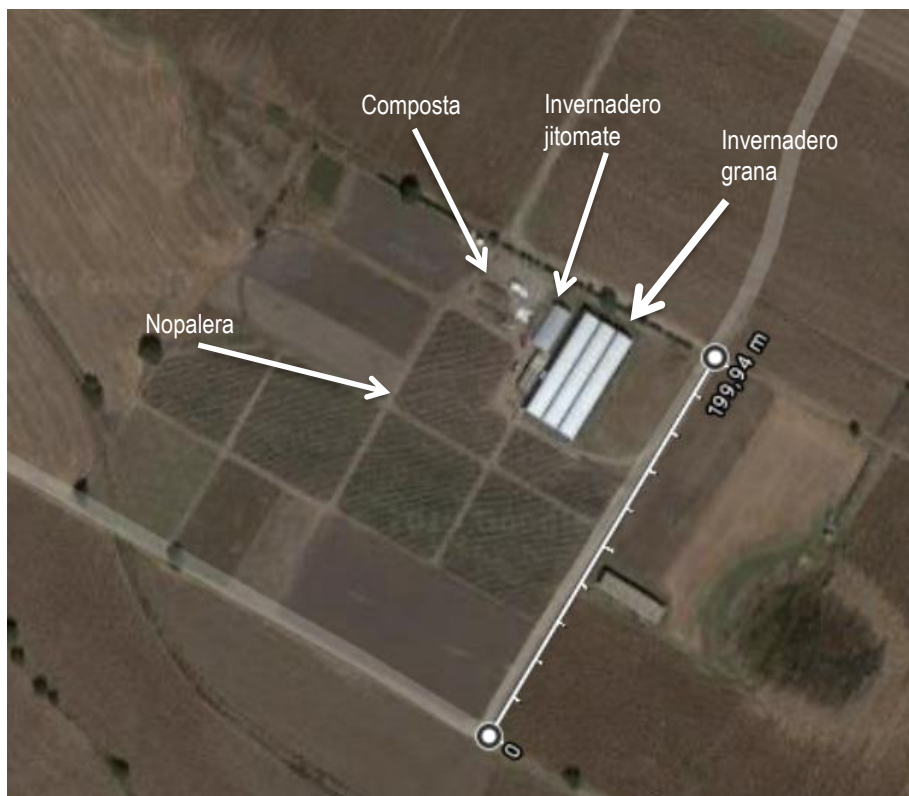
6.5. Actividades agrícolas y no agrícolas que realiza Pausal

El sistema de producción es el conjunto estructurado de actividades agrícolas y no agrícolas establecido por el campesino y su familia para garantizar su reproducción, resultado de la combinación de los medios de producción y de la fuerza de trabajo disponibles en un entorno socioeconómico y ecológico determinado (Apollin y Eberhart, 1999: 32). En Pausal las actividades agrícolas que realiza la familia son el cultivo de tres hectáreas de nopaleras para la producción de grana, un invernadero para cría de grana de 1500 m², un invernadero para cultivo de jitomate de 200 m², una parcela para el cultivo de cilantro de 1000 m², composta y parcelas de maíz, cebada, trigo que toman a rentas o al tercio¹⁶ y que varían dependiendo de las condiciones del año (Figura 11).

Aparte fuera de la parcela se realiza la limpieza y lavado de grana. Dentro de las actividades no agrícolas que realiza la familia se encuentra la atención de una tienda de abarrotes, labores domésticas, cuidado de los niños, presentación de doña Inés en ferias y exposiciones, administración de la economía familiar, venta

¹⁶ En el contrato de renta, el arrendatario toma todas las decisiones en cuanto al cultivo y al itinerario técnico y paga la renta en efectivo en cuanto se cierra el trato. El contrato al tercio es una renta con pago proporcional a la cosecha, el arrendatario sigue siendo responsable de todo el proceso productivo.

de grana, vigilancia de las parcelas y cuando se requiere, se vende la fuerza de trabajo fuera de la unidad familiar empleándose uno de los yernos como chofer.



Fuente: Google maps

Figura 11. Distribución de las actividades agrícolas.

6.6. Calendario de actividades en Pausal

En el cuadro 15 se muestra la distribución de actividades agrícolas y no agrícolas en Pausal, se observa que el cultivo de nopal y la cría de grana se realiza a lo largo de todo el año. En los meses de enero, mayo y octubre se infesta/cosecha grana, por lo que la fuerza de trabajo se concentra al interior del invernadero ya que se debe cepillar y transportar penca al interior, colocar camas de infestación de grana, transportar pencas infestadas a las nopalotecas, colocar ganchos,

colgar penca, cosechar grana y transportar la penca que cumplió su ciclo a la composta. La infestación del mes de enero coincide con la disminución del resto de las actividades agrícolas; la infestación del mes de mayo empata sólo con la siembra de jitomate, cabe señalar que uno de los yernos atiende el invernadero de jitomate y el otro yerno el invernadero de nopal junto con doña Inés y el resto de los integrantes de la familia. Finalmente la infestación del mes de octubre únicamente coincide con la cosecha de jitomate (Cuadro 15).

Cuadro 15. Calendario de actividades en Pausal .

		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Actividades agrícolas	Nopalera												
	Cría de grana	I				I					I		
	Invernadero jitomate												
	Cilantro												
	Maíz												
	Cebada												
	Trigo												
	Composta												
Limpieza de grana													
Actividades no agrícolas	Limpieza de grana												
	Venta de la fuerza de trabajo												
	Tienda de abarrotes												
	Labores domésticas												
	Presentaciones en exposiciones												
	Administración y venta de grana												
Velar													

Fuente: elaboración propia a partir de información de campo.

Uno de los yernos es responsable del invernadero de jitomate y cilantro y el otro de las parcelas de cebada, trigo y maíz, pero cada uno de ellos apoya al otro en las diferentes actividades agrícolas.

Por otro lado, la hija que atiende el negocio, realiza las labores domésticas y el cuidado de los niños, también limpia la grana desde el hogar y está dedicada a estas actividades de tiempo completo durante todo el año.

En resumen, tres de los seis adultos tienen funciones específicas en las ocho actividades agrícolas, uno más apoya a todos ellos, la quinta se encarga de todas las labores domésticas y de la atención de la fuente de ingreso no agrícola y la última se encarga de administrar la economía familiar. Finalmente, si el año no fue bueno, uno de los yernos se emplea como chofer durante los meses de noviembre a enero. Se debe resaltar que a este calendario de actividades se suman las actividades rituales en las que participa la familia como carnaval, la celebración de la semana santa, las fiestas patronales, y la celebración de la virgen de Guadalupe en los meses de marzo, abril, septiembre y diciembre.

Respecto a lo antes expuesto, Apollin y Eberhart (1999: 65) mencionan que cuando una familia campesina escoge una combinación de actividades agrícolas, pecuarias y extra parcelarias, o cuando escoge sus técnicas de producción, la disponibilidad de mano de obra es un elemento determinante. El productor, tiene interés de repartir el trabajo a lo largo del año, tratando de minimizar tanto los períodos de fuerte demanda de trabajo, los picos de trabajo, así como los períodos de baja actividad.

Como se mencionó previamente, una de las principales características de los campesinos, es que poseen una agricultura familiar (Chayanov, 1931: 144). El concepto de agricultura familiar ha ido evolucionando desde el siglo XIX (Alpha y Castellonet, 2008; Salcedo y Guzmán, 2014: 18-20) y las definiciones en la literatura son distintas. De la O y Garner (2012) en un estudio acerca de las definiciones del concepto de agricultura familiar en el mundo, detectaron la existencia de tres elementos comunes que se identifican en Pausal: predomina el

trabajo familiar, la administración de la unidad económico-productiva se le adjudica a los integrantes del hogar y el tamaño de la explotación y/o de la producción es un factor determinante para su clasificación.

Adicionalmente, diversos autores han identificado otros elementos que distinguen a la agricultura familiar de otras formas de agricultura, empezando con Chayanov (1925) que mencionaba que a diferencia de otros sistemas de producción, la agricultura familiar presenta un alto grado de flexibilidad, destinando esfuerzos en trabajo, según la situación y los precios; es decir, en el manejo de los sistemas productivos prevalece la lógica de la diversificación de cultivos. En Pausal, se observa dicha flexibilidad.

Ploeg (2014) describe otra cualidad de la agricultura familiar, señala que la relación en equilibrio entre la producción agrícola y la familia es una de sus principales características, dado que ésta última posee el control sobre sus recursos: tierra, cultivos, animales, material genético, maquinaria, y los conocimientos sobre cómo combinar y cómo y cuándo utilizarlos. La familia utiliza estos recursos no para obtener un beneficio económico, sino para ganarse la vida; es decir, para obtener una renta que les proporcione una vida digna y, si es posible, les permita hacer algunas inversiones para mejorar el desarrollo de la misma producción.

La lógica que permea en Pausal, puede ser comprendida en lo que Bartra-Vergés (2011) define como "*modo de vida campesino*" o como lo señala Ploeg (2008: 60) "*modo campesino de hacer agricultura*"; esto es que, en cierta forma están dentro

de la dinámica de mercado pero están muy lejos de la agricultura empresarial. Ploeg (2008, 2016), aporta elementos para diferenciar a agricultores campesinos de aquellos agricultores familiares que están más cerca de la agricultura empresarial y de la agricultura capitalista; es decir, resalta aspectos como la autonomía relativa, la mano de obra fundamentalmente familiar y la producción orientada prioritariamente para la reproducción de la unidad agrícola y de la familia, como ejes importantes para la caracterización de estos agricultores; características que ya habían sido descritas por Wolf (1971). De acuerdo con Ploeg (2008: 39), "*el modo campesino de hacer agricultura está enraizado en la condición campesina y proviene de ella*", como en el caso de Pausal.

En suma, Pausal, como menciona Ploeg (2014: 62), además de ser una unidad económica, es una unidad de consumo, y también es el lugar donde se acumula la experiencia y donde tiene lugar el aprendizaje y la enseñanza del conocimiento a la siguiente generación.

6.7. El sistema actual de producción de grana

Respecto a la cría de grana actualmente hay tres sistemas de producción; a cielo abierto, en ambientes semicontrolados y en ambientes controlados (Aldama *et al.*, 2005: 162, 163). En los sistemas de producción a cielo abierto, no hay control de las variables ambientales, estos sistemas son característicos de Perú; aunque Portillo y Viguera (2018: 114) mencionan, sin hacer referencia a la ubicación, que en México existen plantaciones en hidroponía usando cladodios individuales, fertilizados con macro y micronutrientes para promover el crecimiento de la planta

hospedera y de la cochinilla. En México la producción de grana cochinilla a cielo abierto se dificulta debido a la existencia de especies de cochinillas silvestres, de enemigos naturales, temperaturas extremas, lluvias fuera de temporada, alta luminosidad y vientos fuertes; por tanto, se requieren ambientes acondicionados, como los semicontrolados y los controlados, para manejar dichos factores, (Aldama *et al.*, 2005: 162).

Los ambientes semicontrolados como cobertizos o tapescos con techo de juncos, madera, varas, palma, carrizo, adobe y plástico y micro túneles rústicos hechos con madera o varilla en V o U invertida y plástico, protegen a la grana cochinilla parcialmente de la insolación, de la alta luminosidad, de la precipitación y de los vientos, pero no de los enemigos naturales (Llanderal y Campos, 2001; Aldama *et al.*, 2005: 163; Portillo y Viguera, 2018: 114).

Los ambientes controlados como los invernaderos permiten el control óptimo de las variables ambientales, a través del manejo de temperatura, humedad relativa y ventilación, a la vez que evitan la entrada de competidores y enemigos naturales de la cochinilla, proporcionando condiciones adecuadas para la producción del insecto (Llanderal y Campos, 2001; Aldama *et al.*, 2005: 163; Campos y Llanderal, 2003: 150). En México la producción intensiva de grana bajo invernadero fue propuesta de forma exitosa por la empresa Campo Carmín, que inició su producción en el año 2003 y actualmente es el sistema más utilizado en México (Coronado, 2011: 29; Portillo y Viguera, 2018: 114) y también es utilizado por Pausal.

Este formato de producción intensiva separa el proceso de cría de grana en dos subprocesos, la producción de nopal en nopaleras a cielo abierto y la cría de grana en penca cortada al interior del invernadero.

6.7.1. Producción del nopal

Respecto a la producción de nopal, en Pausal hay cuatro parcelas de nopal *Opuntia ficus indica* Mill. que cubren una superficie aproximada de 3 ha y estiman que poseen 85 000 plantas, distribuidas de la siguiente manera: la primera con 15 000 plantas, la segunda contiene de 17 000 a 20 000 plantas y las dos últimas suman en conjunto 50 000 plantas.

Para el abonado de las parcelas utilizan la composta que se genera a partir de los nopales que se desechan en cada ciclo de producción de grana, las malezas se controlan mediante el deshierbe manual, aunque también se ha llegado a aplicar herbipol®.

Los nopales que se emplean para la cría de grana tienen seis meses de edad aproximadamente, entre los meses de octubre y noviembre realizan el corte de nopal y la poda de formación. En Pausal intentan que el nopal esté al raz del suelo, es decir los cortes se toman de la penca madre y no se permite el crecimiento del nopal a un segundo nivel a menos que el primero ya se haya engrosado (figura 12). Adicionalmente se realiza una poda sanitaria cada cuatro o cinco meses. Dos de las nopaleras se sembraron en el año 2011 y se renovaron en el año 2018, en ese mismo año, se sumaron dos parcelas más. De tal manera que la parcela más vieja se renovó a los 7 años.

La disposición de las plantas de nopal en las parcelas es diferente entre ellas, debido a que se han ensayado diversos acomodos del nopal para facilitar el corte de las pencas, el transporte al invernadero, el reposo y la limpieza de las mismas.



Fuente: trabajo de campo

Figura 12. (Izquierda) Cortes de penca a partir de la penca madre. (Derecha) cortes de penca en el segundo nivel.

En una de las parcelas se observan nopales en hileras, colocados de forma paralela entre hilera e hilera, con distancia entre ellas de 80 cm aproximadamente y entre planta y planta de menos de 20 cm (Figura 13).



Fuente: trabajo de campo

Figura 13. Primera distribución de los nopales al interior de la nopalera.

También existe otra distribución con nopales colocados en cuatro hileras, con orientación perpendicular entre hilera e hilera y con una brecha de un poco más de 2 m entre cada conjunto de cuatro hileras (Figura 14).



Fuente: trabajo de campo

Figura 14. Segunda distribución de los nopales al interior de la nopalera.

En la parcela más reciente, se combinan elementos de las parcelas anteriores, los nopales están dispuestos de cuatro en cuatro hileras, las pencas están orientadas de forma paralela entre hilera e hilera. La distancia entre planta y planta y entre fila y fila es de aproximadamente 30 cm y entre cada grupo de cuatro filas hay un espacio de aproximado de tres metros (Figura 15).

La primera forma de acomodo de las plantas (Figura 13), sigue las recomendaciones para la siembra de nopal verdura de Secretaría de Agricultura y

Desarrollo Rural (SAGARPA) en el estado de Tlaxcala, favoreciendo alta densidad de plantas por hectárea (SAGARPA, 2012: 13), el ancho de la brecha entre las hileras sólo permite el ingreso de una carretilla para el transporte de la penca; la segunda forma fue una adecuación para ingresar una trilla para facilitar el corte de la penca y su transporte al invernadero, pero la orientación de los nopales entorpece la manipulación de los mismos (Figura 14); la tercera forma considera, por un lado, la orientación de las pencas que facilitan el ingreso de los campesinos para realizar el corte y por otro una brecha más grande, que se podría pensar como terreno desperdiciado, pero no lo es, ya que permite ingresar una trilla para transportar al invernadero mayor volumen de cladodios en un solo viaje y realizar menor número de movimientos de carga y descarga de los mismos (Figura 15).



Fuente: trabajo de campo

Figura 15. Tercera distribución de los nopales al interior de la nopalera.

6.7.2. Estado nutricional de las pencas de nopal

El estado nutricional de las pencas de nopal depende de diversos factores tales

como la cantidad y disponibilidad de nutrimentos en suelo (Nobel, 2003), de la interacción de ellos y de la condición fisiológica de la planta (Lara, 1990); éste reviste de importancia ya que el nopal se utiliza como sustrato y alimento de la grana cochinilla, por lo que la ausencia o sobreabundancia de ciertos nutrimentos pueden afectar su valor alimenticio y consecuentemente repercutir en el óptimo desarrollo del ciclo de vida del insecto y en el porcentaje de ácido carmínico (AC) que se extrae de su hemolinfa y que representa el producto final del cultivo.

En el Cuadro 16 se presentan los contenidos de nitrógeno, potasio, fósforo, azufre y calcio (N, K, P, S y Ca) encontrados en los cladodios de nopal para la cría de grana en Pausal; de acuerdo a Vigueras y Portillo (1995) éstos son los elementos determinantes de la calidad del carmín, adicionalmente también se muestran los contenidos de hierro, zinc, magnesio y sodio (Fe, Zn, Mg y Na).

Cuadro 16. Contenido de elementos químicos en cladodios de nopal para la cría de grana.

N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Na
%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm
0.875	0.095	2.345	2.486	1.211	30.617	14.725	1047.51

Fuente: elaboración propia

El calcio fue el elemento más abundante en las pencas, resultados que coinciden con los reportes de Nobel (1983, 1988); Retamal *et al.* (1987 citado por Lara,1990); Azocar (2003); Tegegne (2003); Nefzaoui y Salem (2003); quienes sostienen que éste es el principal elemento constitutivo de los cladodios de nopal.

Con respecto a los niveles de calcio en tejido vegetal de los nopales, se encontró una concentración de 2.8%; superior al 1.03% reportado por Tegegne (2003), al

2.01% reportado por Azocar (2003), similar al rango inferior reportado por Hoffman y Walker (1912, citado en Nezfaoui y Salem, 2003) de 2.84% y muy por debajo del valor del rango superior reportado por los mismos autores de 13.85%. El calcio al interior de la planta es utilizado principalmente en la síntesis de pectina de la lámina media de la pared celular (Bidwell, 1993) y las altas concentraciones encontradas en los cladodios se relacionan con la acumulación del nutrimento en forma de oxalatos (Nobel, 1983).

En trabajos previos (Coronado 2011: 58-69; Coronado *et al.* 2015: 187) se observó que los altos contenidos de calcio en tejido vegetal, están relacionados con los contenidos de oxalatos de calcio y con el grosor cuticular, debido a que el calcio se ubica principalmente en la pared celular proveyendo soporte mecánico a las células y como oxalato en drusas y cristales (Mondragón, 2003). El grosor cuticular es por un lado una adecuación para condiciones de pluviometría limitada, ya que reduce la pérdida de agua por transpiración del cladodio y por otro lado impide la entrada de microorganismos a la penca (Silva *et al.*, 2001). Es decir, conforme aumenta el contenido de calcio también aumenta el grosor cuticular, pero es posible que esto influya negativamente sobre el establecimiento de hembras de cochinilla en los cladodios (Coronado *et al.*, 2015: 187).

Aunado a lo anterior, el contenido del calcio (Ca^{2+}) en el suelo de la parcela fue de 2.25 me 100 g⁻¹ concentración que es considerada baja por la NOM-021-SEMARNAT-2000; también la disponibilidad del nutriente en el suelo es baja debido al potencial de iones hidrógeno que presenta el mismo (Bidwell, 1993:

271).

En cuanto al nitrógeno, se encontró una concentración de 0.87%; Nobel (2003) reporta que concentraciones de nitrógeno alrededor de 1 % en base seca de tejido vegetal son muy bajas y suelen deberse a la pobreza de los suelos en cuanto al nutrimento. Los suelos de donde se obtuvieron los cladodios presentan concentración de nitrógeno total de 0.088 %, contenido que es muy bajo y no llega al mínimo de la concentración óptima recomendada por Fanzone para el crecimiento del nopal que es de 0,5 a 1 % (1991, citado por Méndez, 2001).

Pese a la baja concentración de nitrógeno total, el contenido de nitrógeno disponible (NO_3^-) en el suelo fue de 36.4 ppm y el de nitrógeno reducido (NH_4^+) de 32.2 ppm, se observa que la cantidad de nitratos (NO_3^-) es superior a la de amonio (NH_4^+), es decir que el fenómeno de mineralización se realiza en mayor proporción que el de inmovilización por lo que aunque hay poco nitrógeno, es mayor la cantidad de nitrógeno asimilable por las plantas que el fijado en el suelo.

En este sentido, en un trabajo previo Coronado *et al.* (2015: 187) reportó el efecto negativo del nitrógeno sobre el contenido de AC, se observó que a mayor contenido de nitrógeno en el cladodio de nopal, menor es la calidad de ácido carmínico obtenido de la grana criada en él y viceversa.

La concentración de fósforo (P) de 0.095 % encontrada en los cladodios de nopal, fue superior a los reportes de Nefzaoui y Salem (2003) de 0.04%, inferior al 0.3% reportado por Nobel (1983) e inferior también al 0.18% encontrado en un trabajo previo para cladodios con fertilización orgánica destinados a la producción de

grana (Coronado *et al.*, 2015: 187).

Por otro lado, a pesar de que el suelo de donde se obtuvieron los cladodios presenta 28 ppm de fósforo extraíble, concentraciones consideradas medias de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000; en ambos hay baja disponibilidad del nutrimento causada por el potencial de iones hidrógeno (pH) (Bidwell, 1993: 271).

El suelo muestreado en Pausal, destinado al cultivo de nopales para la cría de grana, es fuertemente ácido, con un pH de 4.33 unidades (SEMARNAT, 2002), la disponibilidad de fósforo es baja debido a que a este pH el fierro y aluminio se encuentran muy solubilizados y provocan la formación de fosfatos insolubles (Bidwell, 1993: 271, 273). El suelo tiene una densidad aparente de $1.28 \text{ g (cm}^3\text{)}^{-1}$, por lo que acorde a la norma se trata de un suelo mineral francoso, contiene 23.4% de arcillas, 20.36% de limos y 58.2 % de arena, es decir el suelo de las parcelas muestreadas en Pausal es franco arcilloso arenoso, con concentración media de materia orgánica de 1.89%.

De acuerdo a su capacidad de intercambio catiónico el suelo presenta baja reserva nutrimental y fertilidad. El suelo tiene un porcentaje de 0.1% de saturación de bases¹⁷, lo que indica que es bajo el número de sitios de intercambio ocupados por iones básicos, por lo que disminuye la probabilidad de éstos últimos de ser intercambiados por otros del mismo tipo con la solución del suelo, y por tanto disminuye la probabilidad de estar disponibles para la planta (Fuentes, 1994). Lo anterior se resume, en que el porcentaje de saturación de bases es proporcional a

¹⁷ El porcentaje de saturación de bases indica qué cantidad del total de iones intercambiables del complejo coloidal son básicos.

la fertilidad del suelo, por consiguiente el suelo analizado tiene baja fertilidad (Cuadro 17).

Cuadro 17. Contenido de elementos químicos en el suelo de plantaciones de Nopal.

pH	CE dS/m	m. o. %	Arcillas %	Limos %	Arenas %	Textura	Daparente g/cm ³	CIC meq/kg	Nt
4.33	0.03	1.89	23.44	20.36	56.2	Franco arcillo arenoso	1.282	1.1	0.088

P ppm	Ca meq/10 0g	K meq/100g	Mg meq/100 g	Na meq/100 g	NO ₃ ⁻ ppm	NH ₄ ⁺ ppm	S ppm	Fe ppm	Zn ppm
28.04	2.258	0.5	0.355	0.385	36.4	32.2	5.124	90.037	0.661

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, los reportes de concentraciones de potasio en cladodios de nopal de la especie *Opuntia ficus-indica* son heterogéneos en la literatura y oscilan entre 0.11%, 1.09%, 1.42%, 2.3% y 3.04%; de acuerdo con Azocar (2003), Nezfaoui (2003), Nobel (1983), Cordeiro y Gonzaga (2003) y Hoffman y Walker (1912, citado en Nezfaoui, 2003), respectivamente. La concentración de potasio encontrada en los cladodios de Pausal fue alta (2.34%), similar a la encontrada por Cordeiro y Gonzaga (2003); en este sentido Mondragón *et al.* (2003) observó que dicho nutrimento muestra una alta acumulación en cladodio de hasta 5,96% en determinaciones de peso seco.

Aunque el contenido de potasio en suelo es medio, de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000, la disponibilidad del nutrimento en el mismo es baja, ya que presenta problemas de solubilidad ante los valores de pH (Bidwell, 1993).

Aunado a lo anterior, la concentración de magnesio en tejido vegetal fue de

1.21%, dicha concentración se encuentra en un nivel inferior al citado por Nobel (1983), Cordeiro y Gonzaga (2003), y Hoffman y Walker (1912) citado en: Nezfaoui, (2003). En el suelo la concentración de magnesio (Mg^{2+}) fue muy baja con $0.35 \text{ me } 100 \text{ g}^{-1}$ y la disponibilidad del mineral también es baja debido a los problemas de solubilidad ante los valores de pH (Bidwell, 1993: 271).

Por otra parte, la concentración de fierro en tejido vegetal fue de 30.6 ppm, inferior al 92 ± 5 ppm reportado por Nobel (1983). En cuanto al suelo, la concentración de dicho mineral es adecuada (90.03 ppm) según la NOM-021-SEMARNAT-2000 y su disponibilidad presenta un comportamiento distinto al resto de los minerales determinados, ya que la mayoría de ellos disminuye ante los bajos valores de pH, pero para el fierro la disponibilidad incrementa (Fuentes, 1994; Bidwell, 1993: 271).

Así mismo, se observa alta acumulación de sodio (Na) en cladodios de nopal (1047 ppm), concentración superior a los reportes de Lara (1992) en raíz de *Opuntia amyclaea* (286 ppm).

Finalmente, el contenido de zinc (Zn) encontrado en las pencas (14.72 ppm) es inferior a los reportes de Nobel (1983) de 25 ppm y este valor se encuentra dentro del rango reportado por Lara (1992) para cladodios en crecimiento, quien encontró de 16 a 52 ppm. Cabe mencionar que el Zn es un activador enzimático y elemento requerido para el crecimiento de los tejidos (Bidwell, 1993). El contenido de zinc en el suelo fue de 0.66 ppm, que acorde a la norma NOM-021-SEMARNAT-2000 es considerada una concentración marginal en suelo.

Este análisis demuestra que hay baja disponibilidad de nutrientes en suelo para todos los elementos a excepción del fierro (Cuadro 18) y que esta situación que podría ser negativa si la plantación de nopal se destinará a la producción de nopal de verdura, no necesariamente lo es cuando se destina para la producción de grana, ya que Coronado (2011: 89) sugiere que el bajo contenido nutrimental de los suelos favorece la producción de grana de mayor calidad, como lo encontró en un estudio comparativo sobre tipos de fertilización, donde los suelos de fertilización química-orgánica con niveles bajos de nutrimentos, se asociaban a nopales también con contenidos bajos de nutrientes (especialmente de nitrógeno) y a altos porcentajes de ácido carmínico (AC) de la grana criada en ellos.

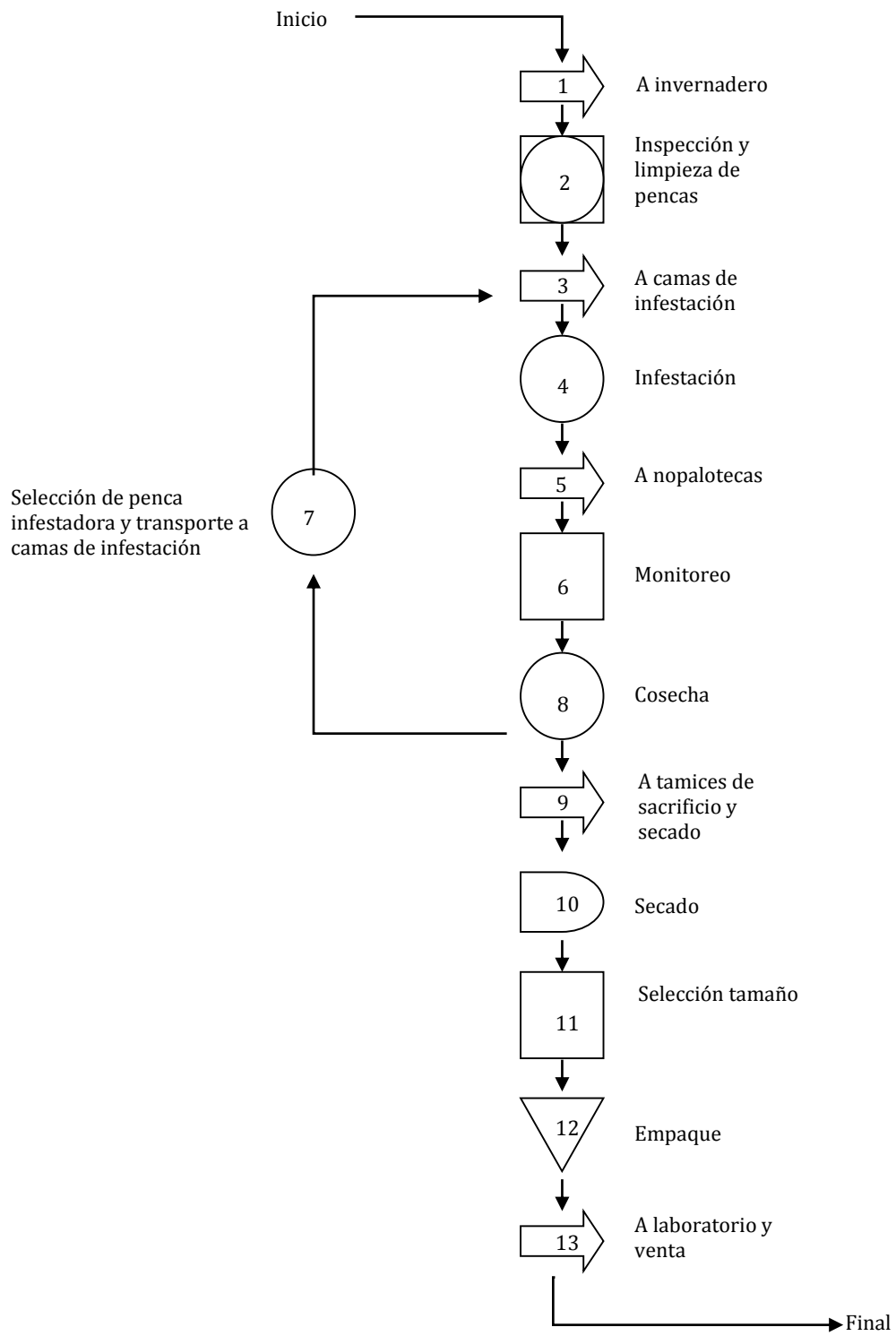
Cuadro 18. Tabla comparativa de fertilidad óptima del suelo para el crecimiento de nopal y fertilidad encontrada en Pausal.

Nutrimento	Concentración óptima del suelo para crecimiento de nopal	Concentración encontrada en suelo de Pausal
Nitrógeno total (N)	0.5-1.0 (%)	0.088(%)
Fosforo asimilable (P ₂ O ₅)	80-250 (ppm)	ND
Oxido de Potasio asimilable (K ₂ O)	150-250 (ppm)	ND
Calcio (Ca ⁺⁺)	2000-3000 (ppm)	2.258 (ppm)
Magnesio (Mg ⁺⁺)	200-300 (ppm)	0.355 (ppm)
Hierro (Fe ⁺⁺)	5-10 (ppm)	90.037 (ppm)

Fuente: Fanzone (1991) en Méndez y Gallegos (2001) y Coronado (2011)

6.7.3. Cría de grana

Las etapas del proceso de producción de grana (*Dactylopius coccus* Costa) se, presentan mediante un diagrama de flujo para facilitar su visualización, posteriormente se describe cada una de ellas (Figura 16).



Fuente: elaboración propia.

Figura 16. Diagrama de flujo sobre la producción de grana bajo invernadero.

6.7.3.1. Obtención de cladodios de nopal.

Los cladodios que se emplean para la producción de grana son de la especie *Opuntia ficus-indica* (Figura 17), tienen una edad aproximada de 6 meses, lo anterior debido a que si emplean cladodios más viejos “la grana no se pega” (Sra. Inés, comunicación personal, 01 de septiembre de 2018). La elección de la edad de los cladodios en Pausal, es una práctica derivada de la observación, que puede ser explicada desde el aspecto fisiológico del nopal; conforme madura el cladodio, los contenidos de calcio y los oxalatos de calcio incrementan en tamaño (Rodríguez *et al.*, 2007) y número, generando un incremento también en el grosor cuticular (Coronado *et al.*, 2015: 188), lo que posiblemente impide la inserción de estiletes mandibulares del insecto, evitando su anclaje, alimentación (Méndez-Gallegos *et al.*, 2010: 231) y consecuentemente baja producción de grana (Tovar, 2011: 227). Si se emplearan cladodios de mayor edad, tendrían una cutícula más gruesa que impediría que la grana se anclara en ellos.

La longitud de los cladodios debe ser preferentemente de 35 cm a 40 cm, estar turgentes y sin daños aparentes. Sin embargo, también se utilizan los cladodios resultantes de las podas, aunque sean de menor tamaño, siempre que presenten turgencia. Los cladodios pequeños son utilizados para cubrir todos los espacios posibles en las camas de infestación. Si se colocarán únicamente cladodios grandes como se realiza en otras empresas quedarían espacios en las camas de infestación que propiciarían la pérdida de pie de cría y si estos mismos cladodios de tamaño ideal se utilizarán para cubrir los espacios, la infestación no sería uniforme, ya que el cladodio que se coloca encima evitaría la infestación de gran

parte del cladodio que se encuentra debajo.



Fuente: trabajo de campo

Figura 17. Obtención de cladodios de nopal.

6.7.3.2. Limpieza de cladodios de nopal.

En el exterior del invernadero, los cladodios se cepillan para eliminar restos de insectos, espinas, ahuates, polvo y materiales heterogéneos. El cepillado contribuye a disminuir la ocurrencia de infestaciones de grana silvestre al interior del invernadero y facilita la manipulación de los cladodios al eliminar las espinas y ahuates (Figura 18).

En Pausal, contrario a las recomendaciones de Del Río y Dueñas (2006) los cladodios no se lavan, ni se colocan en soluciones sanitizantes antes de su ingreso al invernadero como se realizaba en Campo Carmín (Coronado, 2011:75) para eliminar posibles amenazas por brotes de grana silvestre.

El lavado o sanitización representa mayor gasto de recursos y mano de obra, así como incremento en el espacio físico para realizar esta actividad y el secado. Los brotes de grana silvestre al interior del invernadero son controlados mediante el monitoreo y eliminación diaria de grana silvestre, lo que implica mayor conocimiento de ambos insectos. En Pausal diferencian a la grana silvestre de la fina, porque la primera posee una cubierta algodonosa en lugar de la capa cerosa pulverulenta presente en la grana fina.



Fuente: trabajo de campo

Figura 18. Limpieza de cladodios.

6.7.3.3. Transporte a camas de infestación.

Los cladodios, inmediatamente después de cepillados se colocan en carretillas y se transportan al área de infestación, en el interior del invernadero (Figura 19).



Fuente: trabajo de campo

Figura 19. Transporte de cladodios al interior del invernadero.

6.7.3.4. Infestación.

El método de infestación o propagación que se utiliza en Pausal es el de “cladodio infestador” o “penca infestadora”, que consiste en colocar cladodios de nopal colgados en posición invertida en el estrato superior de la nopaloteca (Figura 20), dichos cladodios contienen hembras adultas en plena oviposición y en el estrato inferior, una cama de cladodios sobre la cual por gravedad caen huevos y ninfas (Coronado, 2011: 31; Viguera y Portillo, 2014: 41).

La cama, por sección de nopaloteca, contiene aproximadamente 35 cladodios, sobrelapados en posición horizontal. Los cladodios pequeños se utilizan para cubrir los espacios que quedan al sobrelapar los nopales. En algunos casos y para aprovechar al máximo el pie de cría, se coloca una segunda cama de nopales debajo de la anterior (en el suelo), con la finalidad de evitar pérdida de ninfas.

El tiempo que dura la infestación de la cama de nopales depende de la intensidad de la oviposición, puede ser de uno a varios días. En Pausal, el desplazamiento homogéneo de las ninfas al envés de los cladodios, es el marcador que indica el fin de la infestación de esa cama de nopales y consecuentemente el levantado de la cama y colocación de una nueva.



Fuente: trabajo de campo

Figura 20. Infestación de cladodios.

Por otro lado, cuando las pencas infestadoras empiezan a “tirar basurita, indica que terminaron de criar” (Sra. Inés, comunicación personal, 30 de julio de 2018), es decir finaliza el periodo de infestación y la grana de estas pencas debe cosecharse. Acorde a la literatura, el periodo de oviposición dura de 10 a 20 días, depositando un promedio de 419 huevos (Méndez, 1992: 8) o 372 ninfas aproximadamente (Méndez, 2001).

6.7.3.5. Levantado de camas y transporte a nopalotecas.

Una vez que las ninfas se desplazaron al envés del cladodio, se debe levantar la cama. Los cladodios se colocan, unos sobre otros en carretillas y se transportan a la nopaloteca seleccionada para colgarlos. Cabe mencionar, que en otros sistemas de producción intensiva de grana como Campo Carmín, no se transportan los nopales en carretillas debido a que consideran que se pueden dañar las ninfas, por lo que se suelen transportar en posición vertical o se trasladan uno a uno los nopales infestados, lo que requeriría mayor mano de obra para el colgado de los mismos (Figura 21). En Pausal han observado que la pérdida de ninfas no es considerable y el transporte en carretillas permite agilizar el transporte y colgado de la penca.



Fuente: trabajo de campo

Figura 21. Levantado de camas y transporte a nopalotecas.

6.7.3.6. Colocación de ganchos y colgado de cladodio.

A cada cladodio se le inserta un gancho de acero inoxidable previamente desinfectado en cal para evitar problemas de pudrición, aproximadamente a una distancia de tres centímetros de la base, posteriormente se cuelgan las pencas en el lugar elegido en posición invertida (Figura 22). El sistema de cría descrito previamente se denomina cladodio colgado invertido (cladodio suspendido) en invernadero. Este método de producción permite un eficiente aprovechamiento del espacio, fácil inspección y manejo de los cladodios, generalmente no presenta deformación ni rebrote y pese a que no es el que arroja mejores rendimientos, su buen manejo y bajo costo justifican su utilización (Aldama- Aguilera y Llanderal-Cazáres, 2003)



Fuente: trabajo de campo

Figura 22. Colocación de ganchos y colgado de cladodio.

6.7.3.7. Monitoreo.

Los cladodios de nopal se monitorean a lo largo de todo el ciclo de vida del insecto para evitar el desarrollo de grana silvestre o larvas de insectos, así como para desechar las pencas que presentan pudrición. El monitoreo también permite, mediante la observación, determinar el momento adecuado para la selección del pie de cría de las pencas infestadoras y la cosecha de la grana. Este paso es uno de los más importantes, pues de él depende que haya o no producción de grana y se basa completamente en el conocimiento del insecto (Figura 23).



Fuente: trabajo de campo

Figura 23. Monitoreo de nopales con grana.

6.7.3.8. Selección de pie de cría (cladodios infestadores).

Cuando el insecto ha cumplido su ciclo, es decir de 90 (Velasco y García, 1990) a

150 días (Méndez, 2001) aproximadamente después de la infestación, se seleccionan aquellos cladodios que presentan buena densidad de hembras en oviposición para ser utilizados como pie de cría y el resto se cosecha (Figura 24). En Pausal doña Inés, que es quien identifica este momento comenta: *“cuando una penca empieza a tirar gotitas, tiene usted tres o cuatro días para preparar las camas, porque máximo en una semana todo va a estar tirando insectos”, “pero si pone las camas antes de tiempo, sólo se le va a ensuciar el nopal, se pone pegajoso...”*. (Sra. Inés comunicación personal, 23 de mayo de 2017)



Fuente: trabajo de campo

Figura 24. Selección de pie de cría de grana.

6.7.3.9. Cosecha.

La cosecha se realiza por arrastre, barriendo con los cepillos de escobas viejas a los insectos de la superficie del cladodio. Los insectos se depositan en cajas contenedoras. Vigueras y Portillo (2014: 43) documentaron para México, la

cosecha de grana con otras herramientas como carrizos, cucharas de metal, raspadores de plástico elaborados con botellas y en el caso de Campo Carmín se utilizaban brochas. En Pausal, después de un proceso de prueba y error, determinaron que los cepillos reutilizados son los más baratos, son manejables por los niños que también participan en el proceso y agilizan la cosecha sin dañar al insecto (Figura 25).



Fuente: trabajo de campo

Figura 25. Cosecha de grana.

6.7.3.10. Sacrificio y secado.

La grana cosechada se esparce en tamices, donde se sacrifica por desecación y se seca por aproximadamente un mes al interior del invernadero (Figura 26). Este método de sacrificio y secado es una modificación del método de muerte natural a

la sombra post oviposición, que no afecta tanto como otros a la calidad de la grana (Flores y Tekelenburg, 1995).



Fuente: trabajo de campo

Figura 26. Sacrificio y secado de grana.

6.7.3.11. Selección de tamaño.

La grana deshidratada se pasa a través de un tamiz de 2 mm aproximadamente de apertura para eliminar cera, espinas, restos de nopal y grana inferior a esta medida (granilla).

6.7.3.12. Empacado.

Para eliminar la cera completamente y como requisito para vender a la empresa transformadora, la grana seca se lava con jabón para trastes, se enjuaga y se extiende al sol por aproximadamente un día; posteriormente se deposita en bolsas plásticas para mantenerla aislada de la humedad hasta su venta (Figura 27). Si la venta de grana se destina para artesanos no es necesario realizar el lavado de la misma.



Fuente: trabajo de campo

Figura 27. Empacado.

6.7.3.13. Transporte al laboratorio y venta

La grana es entregada al laboratorio donde se analiza el contenido de ácido carmínico para su posterior transformación. En este punto se debe destacar, que las determinaciones de ácido carmínico muestran que el porcentaje de ácido carmínico de la grana seca sin lavar, es inferior al porcentaje de ácido carmínico de la grana lavada (Cuadro 19). El lavado, por algún mecanismo aún no determinado, incrementa el rendimiento de la extracción del ácido carmínico, posiblemente por la disolución de algún compuesto ceroso que afecta la extracción.

Cuadro 19. Contenido de ácido carmínico en muestras de grana.

Muestra	Contenido de AC (%)
Grana lavada	23.64
Grana sin lavar	22.00

Fuente: elaboración propia

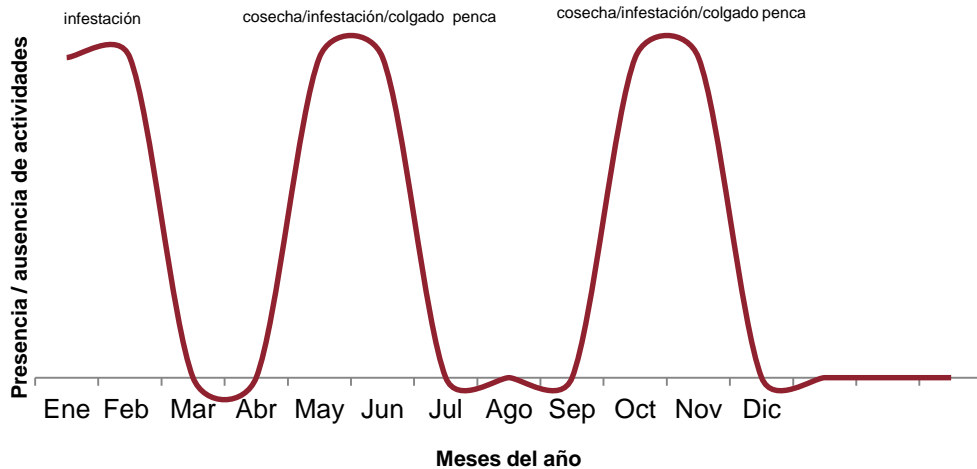
La grana producida en Pausal tiene en promedio 22.8% de ácido carmínico, es decir se trata de grana de primera calidad de acuerdo a las clasificaciones de La fundación Boliviana Exporta y La Joya Eximport E.I.R.L., quienes establecen porcentajes de ácido carmínico de 20% y de 19 a 25%, respectivamente (La joya Eximport, 2019)

6.7.3.15. Calendario de actividades para la cría de grana

Se realizan tres ciclos de producción de grana al año en Pausal. El ciclo de vida de la grana en esta zona, es en promedio de tres meses y medio, inicia en los meses de enero, mayo y octubre y finaliza en los meses de mayo, septiembre y enero, respectivamente. El fin e inicio de cada ciclo de vida está marcado por el comienzo de la oviposición.

La oviposición determina el proceso de infestación de nopales con grana. El período de infestación (que corresponde al tiempo de oviposición de la grana), con el plástico y las condiciones actuales del invernadero de Pausal, es de aproximadamente un mes y diez días. Es decir la infestación del primer ciclo inicia en el mes de enero y termina a mediados de febrero, el segundo ciclo inicia en

mayo y termina a mediados de junio y el tercero inicia en octubre y termina en noviembre (Figura 28).



Fuente: telaboración propia en base a rabajo de campo

Figura 28. Calendario de cría de grana en Pausal.

En Pausal la duración del proceso de infestación de cada cama de cladodios, más que depender de fechas exactas, está determinada por el desplazamiento de las ninfas a el envés del cladodio, que funciona como marcador para levantar la cama. La duración de la infestación de los cladodios puede ser desde un día a semanas, dependiendo de la densidad de la oviposición de ninfas y huevos y si se trata del inicio o fin de la oviposición.

Cada cama de infestación levantada es sustituida por una nueva hasta que la grana de los estratos superiores deja de ovipositar, esto implica que durante la infestación se debe estar realizando el constante cepillado de penca, transporte de la misma al interior del invernadero y colocación de camas. Por otro lado, cada que se levanta una cama, se transportan los nopales a la nopaloteca, se les

colocan ganchos y se cuelgan en el estrato donde permanecerán hasta que finalice el ciclo de vida del insecto, es decir tres meses y medio después.

Al finalizar el proceso de infestación (febrero, junio y noviembre), la grana de las pencas que se utilizaron como pie de cría se cosecha, se coloca en tamices de secado por mes y medio aproximadamente (marzo, julio y diciembre) y los cladodios resultantes del ciclo de producción son transportados a la composta.

CAPÍTULO 7. COMPARACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

A continuación se realiza la comparación de los agroecosistemas de producción de grana tradicional, colonial y actual. En la comparación, inicialmente se aborda la perspectiva del conocimiento tradicional en cada uno de ellos, posteriormente los conocimientos observacionales del agroecosistema en el siguiente orden: factores abióticos (radiación solar, lluvia, viento, fuentes de humedad, topografía y suelo), seguidos de los factores bióticos (especies de cultivo, plantas y animales asociados y seres humanos), posteriormente las entradas (herramientas, fuentes de fertilización, cercas y mano de obra externa) y finalmente las salidas (producción agrícola y residuos).

Después se aborda el componente práctico del conocimiento, es decir las formas de manejo agrícola y finalmente las creencias e interacciones del sistema.

El agroecosistema tradicional de grana es un ejemplo del uso de un conocimiento ecológico tradicional, en cambio, en el sistema colonial se observa el una amalgama de conocimientos indígenas y europeos para aumentar la producción y en el sistema actual se advierte la generación del conocimiento ecológico tradicional.

7.1. Factores abióticos

En el Cuadro 20 se observa la ubicación temporal y física de los tres agroecosistemas descritos, el agroecosistema tradicional se concentró en seis regiones, cada una de ellas caracterizada por un tipo climático; en cambio el

agroecosistema colonial se ubicó únicamente en un ecosistema, que de acuerdo con las descripciones de las fuentes históricas, era el mejor, más fértil, con abundante agua y buenos vientos para la cría del nopal-grana.

Cuadro 20. Comparación de factores abióticos en agroecosistemas de grana

Variable	Agroecosistema tradicional	Agroecosistema colonial	Sistema actual
Ubicación temporal	Época prehispánica siglo XVI	Siglo XVI- XVII	Primera y segunda década del siglo XXI
Ubicación física	1. Acatlán, Piaztla y Petlaltzingo 2. Chila, Ixcitlán, Tistla, Chilapan y Quautlatlauca 3. Ahuacatlán y Texalucán 4. Tepeaca y Tecamachalco y Tlaxcala 5. San Francisco Zuzumba 6. Cholula Calpan, Huejotzingo y San Salvador Tlalnepantla	Tlaxcala, Cholula, Huejotzingo, San Salvador Tlalnepantla y Calpan	Terrenate, Tlaxcala
Clima <small>Köppen modificado por García (1998)</small>	1. cálido semiseco 2. cálido semicálido subhúmedo 3. templado semicálido húmedo 4. templado subhúmedo 5. templado húmedo 6. de templado subhúmedo a templado semifrío subhúmedo	Clima templado subhúmedo	Clima templado subhúmedo

Fuente: elaboración propia con base en Acuña, 1985.

La adaptación del agroecosistema tradicional a diversidad de condiciones ecológicas, acorde a Rojas (1988: 16) es una expresión del gran manejo cultural que el nopal debió tener y de la inversión del trabajo indígena en su cuidado.

Por otro lado el sistema actual se ubica en una zona caracterizada por el clima ideal para la producción de grana en la época colonial. En el sistema actual únicamente se produce a la intemperie el nopal y la grana se cría al interior de un ambiente protegido.

7.2. Factores bióticos

En el cuadro 21 se observa que las variedades de nopal y grana son las mismas en los tres sistemas de producción.

Cuadro 21. Comparación de factores bióticos en los agroecosistemas grana.

Variable	Sistema tradicional	Sistema colonial	Sistema actual
Nopal	“Quetzalnopalli” y “tomotli” <i>Opuntia ficus indica</i> Miller y <i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck	Nopal de Castilla <i>Opuntia ficus indica</i>	<i>Opuntia ficus indica</i>
Grana	“Tlapalli nocheztli” <i>Dactylopius coccus</i> Costa	Cochinilla fina <i>Dactylopius coccus</i> Costa	<i>Dactylopius coccus</i> Costa
Especies asociadas	1. Milpas y otras sementeras, árboles frutales, magueyes, hortalizas e incluso plantas introducidas 2. Plagas de nopal y gran número de enemigos naturales de grana	1. Ninguna especie vegetal asociada 2. Plagas de nopal y gran número de enemigos naturales de grana	1. Ninguna especie vegetal asociada 2. Plagas de nopal y grana silvestre
Productores	campesinos indígenas nahuas	campesinos indígenas nahuas	Campesinos mestizos
Mano de obra	familiar	familiar	familiar

Fuente: elaboración propia con base en Acuña, 1985, Donkin, 1977, Muñoz, 2013, Gomez de Cervantes, 1944

Respecto a las especies asociadas, se documentó que el agroecosistema tradicional se encontraba en huertos y sementeras indígenas de policultivos, asociado con plantas perennes y anuales naturales y posteriormente también a plantas introducidas. Mientras que los agroecosistemas colonial y actual son monocultivos intensivos.

Los huertos acorde a Rojas (1988: 16) son una imitación de los ecosistemas naturales y una síntesis de técnicas agrícolas y de manejo biótico en los que los métodos y técnicas agrícolas se manifiestan a través de la atención individualizada a las plantas, las asociaciones de cultivos y la utilización diversificada del espacio vertical y horizontal.

En los tres agroecosistemas los productores son campesinos acorde a la definición clásica de Wolf (1971: 12,14,16,19) y como tales emplean mano de obra familiar, la única diferencia entre ellos es el origen indígena de los campesinos de los agroecosistemas tradicional y colonial. Actualmente, los hablantes de lengua indígena en Terrenate son inexistentes según las fuentes oficiales (INEGI, 2017).

En la siguientes figura se muestran representaciones gráficas de los tres agroecosistemas:



1

Fuente: The British Museum, AM2006, Drg. 210 (16thC), pag 200 verso, lámina 10.



2

Fuente: The British Museum, AM2006, Drg. 210 (16thC), pag 198 recto, lámina 4.



Fuente: Elaboración propia, con información de campo.

Figura 29. Representación gráfica de los agroecosistemas de producción de grana 1 tradicional, 2 colonial y 3 actual.

7.3. Entradas

Como parte de las entradas al agroecosistema se consideraron las herramientas, cercas y fuentes de fertilización (cuadro 22). No es de extrañar que en los sistemas tradicional y colonial se utilizaron las mismas herramientas para la cría de grana, debido a que la producción del insecto se mantuvo en manos indígenas. Pero contrario a lo mencionado por Rojas (2013: 66), quien indica que los españoles no se apropiaron de las nopaleras, ni intervinieron en su producción o procesamiento, las evidencias documentales mostraron imposiciones sobre nuevas técnicas agrícolas para el cultivo del nopal y las herramientas utilizadas dan cuenta de la mezcla de tecnológica española e indígena.

Un tema de gran importancia en la época colonial para el cultivo del nopal fue la colocación de cercas para la protección de las nopaleras. En la época prehispánica los nopales se usaban como cercas vivas junto con magueyes y

frutales. Actualmente la producción de la grana se realiza en ambientes protegidos al interior de invernaderos.

Cuadro 22. Comparación de las entradas en los agroecosistemas de nopal.

Variable	Sistema tradicional	Sistema colonial	Sistema actual
Herramientas nopal	Coa y bastón plantador	Coa con hierro, machetes	Pala, pico machete y carretillas
Herramientas grana	<p>1. <i>Infestación-cosecha</i>: hisopillo hecho con pelos de zorro hisopillo con cola de zorrillo puntero de madera con punzón con punta delgada jícara de calabaza con mango jícaras de diferentes tamaños</p> <p>2. <i>Sacrificio y secado</i>: olla, lebrillo, cántaro pequeño, cedazo y estera</p>	<p>1. <i>Infestación-cosecha</i>: hisopillo hecho con pelos de zorro hisopillo con cola de zorrillo puntero de madera con punzón con punta delgada jícara de calabaza con mango jícaras de diferentes tamaños</p> <p>2. <i>Sacrificio y secado</i>: olla, lebrillo, cántaro pequeño, cedazo y estera</p>	<p>1. <i>Infestación-cosecha</i>: cepillo de escoba y contenedores plásticos 2. <i>Sacrificio y secado</i>: tamiz hecho de tela de mosquitero con madera</p>
Cercas	Los nopales formaban parte de la cerca viva, posiblemente esquilmos	cañas de maíz	Árboles/Invernadero
Fuentes de fertilización	de cosechas, plantas silvestres, desperdicios del hogar	suelos fértiles	composta de nopales

Fuente: elaboración propia con base en Gómez de Cervantes, 1944 y Rojas, 2001.

7.4. Salidas

A continuación se presenta la comparación de la producción de nopal y grana en los tres agroecosistemas (cuadro 23). Se debe mencionar que las fuentes históricas hacen referencia a grana de excelente calidad en el Obispado de

Tlaxcala, en este lugar se desarrollaron diversas técnicas para el sacrificio y secado del insecto. Se replicó el método de sacrificio y secado descrito por Gómez de Cervantes en el siglo XVI (1944) con muestras de grana de Pausal, para tener un referente sobre las ventajas de este método comparado con el método de sacrificio y secado del sistema actual. Este experimento arrojó que al utilizar el método que Gómez de Cervantes (1944) considera el mejor y que consiste en colocar la cochinilla en una olla con agua muy caliente, en seguida pasarla por un cedazo donde se retiene la grana y finalmente extenderla en una estera al sol por cuatro horas para que se secará, el porcentaje de ácido carmínico (AC) (23.9%) fue mayor que en el método del sistema actual (23.6%). Sin embargo, ambos porcentajes de ácido carmínico apuntan a grana de primera calidad, de acuerdo a las clasificaciones actuales y el método actual tiene la ventaja de no emplear un gasto de energía.

Por otro lado, el precio de venta de la arroba de grana en 1561 era, según Dalghren (1990: 16), de 60 pesos oro. Es decir en ese tiempo, cada kilogramo de grana se pagaba en 5.14 pesos oro. Actualmente cada kilogramo de grana se vende a artesanos en promedio en \$1,000.00 pesos y a la empresa transformadora en \$600.00 pesos.

Cuadro 23. Comparación de las salidas en los agroecosistemas de nopal.

Variable	Sistema tradicional	Sistema colonial	Sistema actual
Superficie de la nopalera	huertos asociados a los hogares	26 ha	3 ha
Número de vecinos que beneficiaban grana	1 vecino	12 461 vecinos	3 vecinos
Número de plantas	N/D	1 450 416	85 000
Vólumen de la producción	N/D	2000-4000arobas = 23,000 kg – 46,000 kg año-1	200 kg año-1
Precio de venta	56.25 pesos oro arroba ⁻¹	56.25 pesos oro arroba ⁻¹	Empresa/ \$600.00 kg ⁻¹ Artesanos/ \$1,000.00 kg ⁻¹
Calidad de grana	N/D (23.9%*)	N/D (23.9% *)	23.60%

Fuente: elaboración propia con base en Gómez de Cervantes, 1944, Acuña, 1985 y AHA, 1600.

7.5. Manejo agrícola

Rojas (1991: 41, 42, 45, 46) menciona que el sistema agrícola es una abstracción construida a partir de la consideración de las técnicas básicas de manejo y de la intensidad agrícola, sobre todo cuando se alude a fuentes históricas. Los agroecosistemas de producción de grana son clasificados por esta autora como sistemas especiales. Se caracterizaban por estar en huertas cercanas a las casa o en las sementeras, eran estables, de uso continuo, de altos rendimientos, generalmente cercanos a los poblados, vigilados muy cuidadosamente por los campesinos y con mucha inversión de trabajo, tal como se pudo documentar para el caso del agroecosistema tradicional de grana del obispado de Tlaxcala.

En cambio las características del agroecosistema de producción colonial de grana se identifican mejor con lo que la autora denomina sistemas intensivos, que eran de temporal, de uso continuo, con altos rendimientos y caracterizados por la intensificación de la agricultura, que para el caso del agroecosistema nopal-grana se logró con el incremento del número de plantas por superficie y el número de vecinos que se destinaron a la producción.

Respecto a la inversión del trabajo se observa que es considerable en todas las actividades relacionadas con el agroecosistema tradicional nopal-grana, al estar asociado el nopal a otras plantas y realizar la infestación y cosecha manual e individuo por individuo, tal como lo menciona Rojas (1988: 15). En el agroecosistema colonial se mantiene la alta inversión de trabajo para la cría de grana, pero al incrementar el número de plantas que cada vecino debía beneficiar se lleva al límite el sistema y la capacidad de los campesinos de mantenerlo. En el sistema actual también se observó alta inversión de trabajo, que les permite tener mayor conocimiento del insecto y que desde mi punto de vista es la razón por la que Pausal mantiene la producción de grana. Si se compara el sistema Pausal con el sistema Campo Carmín, que en su momento fue un ejemplo exitoso de producción intensiva de grana, el primero conoce mejor al insecto y las condiciones medioambientales por lo que ante adversidades ha demostrado mayor capacidad de resiliencia (Cuadro 24).

Cuadro 24. Comparación de métodos y técnicas agrícolas en los sistemas de Producción.

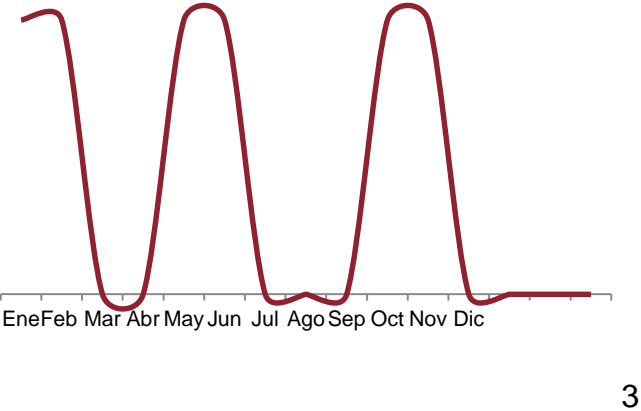
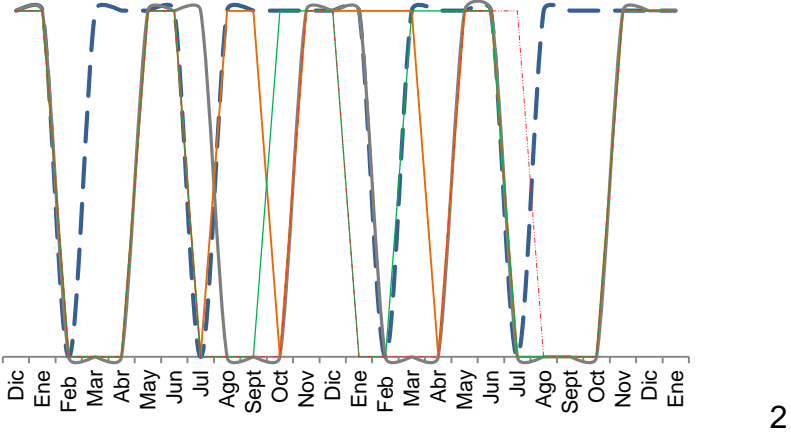
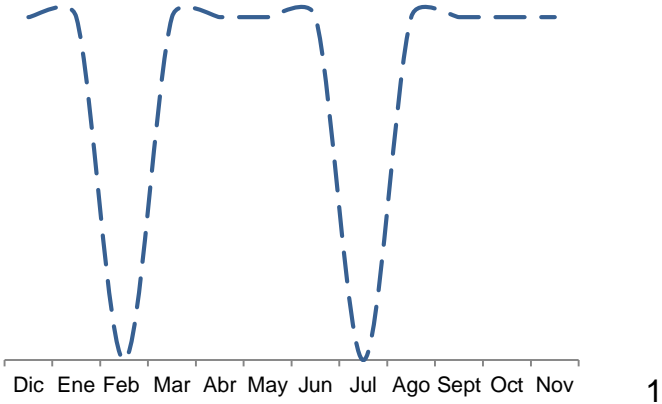
Variable	Sistema tradicional	Sistema colonial	Sistema actual
Sistema de cultivo	Huertos y sementeras Policultivo	Nopaleras Monocultivo	Nopaleras
Método de siembra nopal	Reproducción vegetativa ejemplar por ejemplar	Reproducción vegetativa ejemplar por ejemplar	Reproducción vegetativa ejemplar por ejemplar
Tiempo de mantenimiento de la nopalera	Más de 10 años	Máximo 10 años	7 años
Disposición de la siembra	Huertos y sementeras	Hileras	Hileras
Distancia de siembra entre plantas	Variable	De dos varas a dos varas y media, = 1.67 m a 2.09 m.	Cuatro hileras, con distancia entre plantas de 30 cm seguida de una brecha de 3m.
Infestación de nopales con grana	Manual e individual planta por planta con ninfas	Manual e individual planta por planta con ninfas	En conjunto, utilizando cladodios con pie de cria que por gravedad dejan caer ninfas en las pencas
Cosecha	Por arrastre	Por arrastre	Por arrastre
Secado	4 días en esteras al sol	4 días en esteras al sol	mes y medio en tamices al interior del invernadero/ sol

Fuente: elaboración propia

En la figura siguiente están los calendarios de actividades para la cría de grana, tanto en el agroecosistema tradicional como en el actual hay tres periodos fuertes

de actividad para la cría del insecto, desplazados uno de otro por aproximadamente un mes. En el agroecosistema colonial es evidente el solapamiento de ciclos de producción de la grana ocasionado por el incremento en el número de nopales, lo que consideramos llevó el sistema al límite y obligó a los indígenas a quemar sus nopaleras y conscientemente a erradicar el conocimiento sobre la cría de grana.

Figura 30. Comparación de calendarios de actividades para la cría de grana en los tres sistemas de producción: 1.Tradicional, 2. Colonial y 3. Actual.



Fuente: Fuente elaboración propia

CAPÍTULO 8. EL USO DE DE LA GRANA COCHINILLA EN TEXTILES EN CONTLA

Berkes sugiere que el término "conocimiento local" es útil para referirse a un conocimiento más reciente, que incluso, puede o no ser tradicional (Berkes, 2012: 8; Berkes, 1999). El término conocimiento local es utilizado por algunos autores debido a que es más general y presenta menos complicaciones que algunos otros términos (Ruddle 1994), pero Berkes considera que queda incompleto, pues carece del aspecto ecológico, de la dimensión temporal y de la transmisión cultural que denotan el conocimiento tradicional o el indígena (Berkes, 2012:8).

Es indispensable tener claro que no todos los conocimientos locales son necesariamente tradicionales (Berkes *et al.*, 2003; 12; Butler, 2006; 108). En Contla de Juan Cuamatzi, Tlaxcala se observa como en un mismo fenómeno, confluyen dos tipos de conocimiento; el conocimiento tradicional antiguo (Emery: 1997: 9, 33) sobre el tejido de sarapes y otros textiles de lana con telar de pedales, que son una herencia ancestral y el conocimiento local sobre la tinción de lana con colorantes naturales, este último, actualmente es un conocimiento no tradicional y de reciente creación, ya que aunque la tinción de textiles con colorantes naturales fue una práctica prehispánica y colonial, esta se fue perdiendo en esta zona a lo largo de la historia, en principio por el abandono indígena de la producción de grana en la colonia y posteriormente por el descubrimiento de colorantes sintéticos y fibras artificiales que eran mucho más convenientes y baratas que los colorantes naturales.

Los artesanos de Contla redescubrieron la tinción de lana con colorantes naturales por medio de un curso que recibieron hace aproximadamente 10 años, se apropiaron de dicho conocimiento y por medio de la experimentación, de la observación y de la adecuación de las técnicas aprendidas, han generado sus propias “recetas” y ajustado sus técnicas a los volúmenes de tinción de lana que requieren. En este sentido, Ruddle (1994: 161-164) considera que el conocimiento local se está hibridando y es un fondo de importancia sociocultural, ya que da forma a la sociedad y a la cultura y a la inversa, la cultura y la sociedad dan forma al conocimiento local (González, 2008: 9).

Ruddle (1994: 164) considera que cuando este conocimiento se transmite provee a cada nueva generación de receptores la lógica subyacente de la costumbre, la tradición, el comportamiento normativo, las reglas y regulaciones a través de una legitimación coherente y completa, que no solo justifica por qué una persona debe realizar determinadas acciones y no otras, sino que, lo que es más importante, proporciona una explicación y ordenación general del universo social y cultural de un individuo; este nuevo proceso de transmisión aún no se presenta en Contla.

El conocimiento sobre el tejido de textiles en Tlaxcala es de origen muy antiguo, posee una larga tradición y se ha transformado a través del tiempo, inicialmente en esta actividad se utilizaron fibras de agaves y de otras plantas, posteriormente se usó el algodón (González, 2008: 10).

8.1. Historia

La historia de la elaboración de textiles inicia desde la época prehispánica, cuando

las mujeres hilaban las fibras con malacates de piedra o barro y utilizaban el telar de cintura para elaborar en ellos los lienzos que servían para hacer las ropas de uso cotidiano que eran utilizadas por ellas y por sus familias (González, 2008: 9).

Las fibras obtenidas del maguey, lo mismo que las de otras plantas como el izote (*Yucca filifera*) eran muy importantes en la fabricación de textiles burdos para el uso cotidiano de la gente común; la ropa de algodón era vestida por los nobles (González, 2008: 9; Peñafiel, 1977: 34).

Las ropas de la población eran sencillas, tenían el color natural de las fibras, aunque también las había de múltiples colores, adornadas con colorantes de origen animal, vegetal y mineral como el *nocheztli* (grana), *tlapalnextli* (grana con ceniza), *xochipalli* (*Cosmos sulphureus*), *matlalli* (*Commelina coelestis*), *zacatlaxcalli* (*Cuscuta spp.*), *achiyotl* (achiote), *huitzcuahuitl* (palo Brasil), *nacazcolotl* (*Caesalpinia coriaria*), *tezuatl* (*Miconia spp.*), *tlacehuilli* (índigo), *Tlili* (humo del pino), *tlaliyac* (caparrosa), *tlalxocotl* (alumbre), *camopalli* (grana con alumbre), *huitztecolli* (palo Brasil y Caparrosa) y *yauhtli* (pericón) (Dupey, 2015: 230, 232-236, 238, 241, 242; González, 2008: 10, 11; Peñafiel, 1977: 34).

La vestimenta de los hombres, antes de la conquista, en el Altiplano central de México consistía en taparrabos y capas y las mujeres utilizaban el quesquémetl y la falda. La llegada de los españoles al territorio mexicano modificó el diseño de la ropa de los pobladores; para el uso de los varones se incluyeron los pantalones sencillos y camisas largas y para las mujeres las blusas (González, 2008: 10, 11; Rosales, 2003: 138; Peñafiel, 1977: 34).

En tierras templadas y frías como las tlaxcaltecas la introducción de las ovejas fue una actividad muy temprana, que se inició en 1521 y con ello el trasquile y la producción de lana (González, 2008: 11). También se introdujeron las técnicas e implementos del tejido europeo: el telar horizontal y el pedal manual, el torno de hilas, los urdidores, las masas de carretillas, los tinacos, las pailas y las cardas para emborrizar y emprimir, así como todo el proceso de limpiado e hilado de la lana. La nueva materia prima textil y la nueva tecnología permitieron la diversificación tanto de vestimentas como de productos artesanales. Al fusionar las nuevas técnicas con las ya existentes y las nuevas formas de teñido con los productos previamente utilizados, surgieron nuevos diseños, como los enredos de lana para las mujeres y las fajas (De la Fuente, 2008: 111; González, 2008: 11).

Entre los siglos XVI y XVII los tejedores tlaxcaltecas crearon otras prendas de amplio uso en la Nueva España; los rebozos y una de las más importantes fue el sarape de la localidad de Contla, que se difundió hacia el norte de la Nueva España por la aprobación de las Capitulaciones de 1591 que legitimaban la migración de 400 familias tlaxcaltecas. Con este desplazamiento de personas también se desplazaron al norte los conocimientos y técnicas sobre la realización de sarapes al estilo tlaxcalteca, que por asociarse a la localidad de Saltillo actualmente son conocidos con el nombre de esa ciudad (González, 2008: 13; Castillo, 2008: 63; Winter, 2008: 9). En la segunda mitad del siglo XVII, los indígenas dejaron de producir y beneficiar grana en prácticamente todo el obispado de Tlaxcala (Castillo, 2013: 399), dando paso al inicio de la producción en Oaxaca.

Durante el virreinato, las telas se comenzaron a producir en los obrajes textiles. Los obrajes eran propiedad de los españoles, los trabajadores eran indios, negros y castas, algunos eran libres y otros forzados por el sistema de endeudamiento. La industria textil dedicada a la fabricación de las telas de lana, enfrentó desde el Virreinato el problema de la calidad del producto básico, directamente relacionado con la adecuación de las ovejas merinas que traían a México; la ovejas producían lana con pelo largo por uno o dos años, sin embargo al adecuarse al clima, al cambio de temperatura en las estaciones del año, a la humedad del ambiente y al tipo de pasto con que eran alimentadas, ocurría que modificaban su estructura de pelo, que de largo se convertía en corto y por lo tanto se rompía fácilmente, por lo cual no era apto para producir telas de primera calidad. Los nudos donde se ataba el hilo roto durante el proceso de hilado y tejido hacían que las telas fueran burdas, eran baratas y estaban destinadas a las clases bajas (González, 2008: 11, 12).

En los obrajes no se concentraban todos los procesos textiles, parte de ellos, como el cardado e hilado de la lana se realizaban a domicilio, en las casas, donde se mezclaba el trabajo textil y el cultivo de las tierras (González, 2008: 12; Rosales, 2003: 140).

En el siglo XIX, los textiles finos para vestir a los pobladores adinerados y pudientes llegaban de Europa y hacia allá se enviaban algunas materias primas colorantes, principalmente la cochinilla producida en Oaxaca. La gente de los pueblos seguía fabricando sus ropas y pronto copiaron las partes de los telares de pedal, construyeron los propios y tuvieron la capacidad de elaborar telas más

anchas; estos telares caseros son el antecedente de los talleres textiles artesanales (González, 2008: 12).

En 1856 surgen los colorantes sintéticos que proveían colores más vivos y brillantes para la industria textil, con lo que empieza la decadencia y prácticamente la sustitución de los colorantes naturales por los sintéticos (Gürses *et al.*, 2016: 72). Al final del siglo XIX, se empezó a configurar una nueva estructura para la industria textil en Tlaxcala, la cual agrupó a los talleres manufactureros, sin embargo en 1890 se originó una crisis de la industria textil en el estado que duró hasta 1921, provocada principalmente por los movimientos campesinos, quienes protestaban por la expansión de las fábricas, ya que ocupaban las tierras de mejor calidad y se encontraban cercanas a los ríos. Este movimiento obligó a la industria textil a modernizar su maquinaria, lo cual permitió ocupar menor cantidad de mano de obra y elaborar productos de mejor calidad (De la Fuente, 2008: 111).

Debido a esta crisis en la industria textil, en el siglo XX nuevamente se dio el auge de los talleres familiares artesanales, que aprovechaban las fibras que generaban las pequeñas industrias textiles instaladas en Santa Ana Chiautempan y Apizaco. El auge de los talleres duró hasta 1930, fecha en la que inició el repunte de la industria textil (De la Fuente, 2008: 111-112).

La guerra civil española fue un fenómeno que también repercutió en la industria textil en el estado de Tlaxcala, principalmente en la región de Santa Ana Chiautempan y Contla; en esos lugares se asentaron refugiados que invirtieron su capital en industrias textiles, originando con ello las fábricas de la Luz, Santa

Teresa, Lanera, entre otras. Los industriales aprovecharon la actividad artesanal de la región para surtir de materia prima, principalmente lana y algodón a las familias de artesanos, a cambio de la entrega de sus artesanías y textiles por un pago mínimo en efectivo; de esta manera, los industriales españoles acapararon la producción de artesanías, se convirtieron en los principales distribuidores para el mercado local, nacional, e internacional y garantizaron la distribución de sus productos en la región, en otras palabras, los españoles de Santa Ana Chiautempan aseguraron su bienestar a costa de los artesanos (De la Fuente, 2008: 112; Rosales, 2003: 151).

Este auge y época de bonanza de las fábricas textiles de Santa Ana Chiautempan tuvo un periodo aproximado de 1930 hasta 1970. Posteriormente, se dio una caída en la industria textil de la zona debido en parte a la incorporación de las fibras sintéticas (acrilán, artisela y regenerados), a la falta de recursos para mejorar tecnológicamente y a la falta de innovación para mantener el interés en la compra de artesanías. Actualmente el uso masivo de los colorantes naturales en la industria textil se ha erradicado (De la Fuente, 2008: 112; Gürses *et al*, 2016: 72).

8.2. Los artesanos de Contla de Juan Cuamatzi

En Contla de Juan Cuamatzi se documentó el uso de colorantes naturales con especial énfasis en la utilización grana para la tinción de hilos de lana que se emplean para la elaboración de textiles, principalmente sarapes. La familia Romano heredó y mantiene conocimientos sobre la elaboración de sarapes con telar de pedales, originalmente tejían lana natural o lana teñida con anilinas, pero

en el año 2010, uno de los integrantes de la familia tomó un curso sobre tinción de lana con colorantes naturales impartido por el Ing. Loera. Posteriormente, toda la familia tomó cursos, sobre tinción con colorantes naturales que impartieron Ana Roquero y Raúl Pontón, mediante la Casa de artesanías de Tlaxcala.

La familia es uno de los grupos de artesanos, que compra este producto con Doña Inés, la jefa de familia de Pausal, ambos se conocieron y entraron en contacto a través de la Casa de artesanías de Tlaxcala. Los artesanos compran a Doña Inés aproximadamente 10 kg de grana al año y la prefieren por encima de otros productores debido a la calidad de la misma, ya que ellos notan que tiñe mejor que otras granas que han probado.

8.3. El proceso de tinción con grana

Las técnicas de tinción en las que se basan, parten de la receta proporcionada por Raúl Pontón. Utilizan fibras de lana y colorantes naturales como palo Brasil, muicle, añil, cempasúchil, pericón, nuez, cochinilla y combinaciones de ellos.

El proceso de teñido consiste de forma general en lavar con jabón las fibras de lana, enjuagar, mordentar la tela, preparar el tinte, teñir, enjuagar y secar.

Para el caso de la tinción con grana, la familia Romano realiza en un solo paso el mordentado y el teñido. A continuación se describen los pasos para el teñido con grana :

1. Se lavan las fibras con detergente, se enjuagan, escurren y reservan (Figura 31).



Fuente: trabajo de campo

Figura 31. Lavado de lana.

2. En un bote de plástico se colocan aproximadamente 10L de agua y se agrega 25% de grana molida, con respecto al peso de la fibra (Figura 32).



Fuente: trabajo de campo

Figura 32. Preparación del baño de color.

3. La solución (baño de color) se mueve con un palo de madera y se deja reposar desde media hora, hasta por una noche.
4. En una olla de peltre, se coloca agua suficiente para que cubra la fibra a teñir y se calienta sin que hierva .

5. En el bote donde se colocó el baño de color se agregan los siguientes compuestos, dependiendo del color que se desee obtener (cuadro 25):

Cuadro 25. Compuestos adicionados a la tinción con grana.

Color	Concentración del compuesto con respecto a la cantidad de tela
Morado	20% de Alumbre
Naranja	10% Ácido cítrico
Rojo escarlata	5% de Cremor tártaro, 5% de ácido oxálico, 2% de estaño
Rojo carmín	5% de Cremor tártaro y 1% de Cloruro de estaño

Fuente: elaboración propia en base al trabajo de campo

6. En la olla de peltre se coloca 25% de alumbre, con respecto al peso de la fibra a teñir, se revuelve y se dejar reposar 15 min aproximadamente.
7. Se agrega el baño de color a la olla de peltre y se revuelve (Figura 33).



Fuente: trabajo de campo

Figura 33. Adición de baño de color.

8. Se sumergen las fibras sin dejar de mover, vigilando que el agua las cubra, sin que llegue a punto de ebullición, aproximadamente por una hora (Figura 34).



Fuente: trabajo de campo

Figura 34. Tinción de fibras de lana.

9. Pasado el tiempo las fibras se deben y dejar que se enfríen a temperatura ambiente (Figura 35).



Fuente: trabajo de campo

Figura 35. Retiro de fibras.

10. Posteriormente se enjuagan hasta que el agua resultante del lavado salga de color transparente (Figura 36).



Fuente: trabajo de campo

Figura 36. Enjuague de fibras de lana.

11. Las fibras se dejan secar colgadas a la sombra (Figura 37).



Fuente: trabajo de campo

Figura 37. Secado de lana recién teñida

CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES

Se construyó y describió el agroecosistema de producción tradicional de grana del Obispado de Tlaxcala. Se desarrolló en la época prehispánica, donde la agricultura indígena había alcanzado una gran complejidad, no por lo complejo de los instrumentos de trabajo sino por el perfeccionamiento tanto de sus métodos agrícolas con alta inversión laboral, como por el perfeccionamiento biótico. Los instrumentos eran predominantemente manuales y servían para la atención unitaria o individual de las plantas. El agroecosistema tradicional de nopal-grana estaba en huertos indígenas donde este cultivo perenne estaba asociado a múltiples plantas perennes y anuales, distribuido en gran variedad de ecosistemas.

Los huertos, eran policultivos, que acorde a Rojas (1988: 16) son una imitación de los ecosistemas naturales y una síntesis de técnicas agrícolas y de técnicas de manejo biótico, en los que los métodos y técnicas agrícolas se manifiestan a través de la atención individualizada a las plantas, las asociaciones de cultivos y la utilización diversificada del espacio vertical y horizontal.

El desarrollo del agroecosistema tradicional nopal-grana, fue el producto de un proceso de larga duración que dio lugar a la domesticación y a la creación de una variedad de nopal para la cría de grana, que fue capaz de colonizar diversidad de nichos, así como también al desarrollo de técnicas y métodos para cultivarlos.

El manejo cultural del nopal y la gran inversión laboral de los indígenas en su cuidado, se expresó mediante la adaptación que se documentó tenía el

agroecosistema a diversidad de condiciones ecológicas y al uso múltiple de las plantas con el aprovechamiento de casi todas sus partes, tal como documentó Rojas (1988: 16) también para otros cultivos prehispánicos.

Los nopales, al igual que los magueyes y frutales aseguraban a la población indígena la obtención de alimentos en épocas de escasez (Procesos, 1912). Se documentó la reproducción vegetativa del nopal y sin duda la selección y siembra de ejemplar por ejemplar (Muñoz, 2013).

La transformación de la grana en un colorante rojo tenía significado cultural y simbólico para los pueblos nahuas al hacer una referencia simbólica al conocimiento, a la memoria, a la tradición ancestral y a la sabiduría (Leon Portilla, 2017: 224-225; Dupey, 2015: 238; León Portilla 2009: 15-16; Dupey, 2009: 11-13).

Aunado a lo anterior, se e construyó y describió el agroecosistema colonial de grana en el obispado de Tlaxcala. Éste agroecosistema fue el resultado de la incorporación e imposición de innovaciones introducidas por los españoles en materia de herramientas, métodos y técnicas agrícolas, es decir se dio un proceso de aculturación agrícola. Los españoles prohibieron a los indígenas aprovechar el nopal y las tunas como alimento y los obligaron a cultivar nopaleras exclusivamente para la cría de grana. El sistema impuesto por los españoles de afectó los sistemas productivos indígenas lo que los llevó a quemar las nopaleras y erradicar el conocimiento sobre la cría de la grana.

El agroecosistema colonial de producción de grana se convirtió en plantaciones intensivas de monocultivo de nopales a la intemperie, con plantas sembradas en

hileras. Se ubicó temporalmente entre el siglo XVI y el siglo XVII, estaba limitado a un ecosistema específico que se caracterizaba por tierras llanas fértiles, de buenos vientos y con abundante agua y mano de obra. Se trata de un sistema altamente productivo, pues se basaba en la producción de mano de obra indígena que debía tributar en este producto, produciendo de 2000 a 4000 arrobas es decir, entre 23 000 kg a 46 000 kg al año de grana de excelente calidad. Las herramientas utilizadas en el cultivo del nopal eran coas con hierro, que muestran la amalgama tecnológica de la agricultura indígena y española, aunque se mantuvieron muchas otras herramientas y utensilios indígenas para la cría y cosecha de la grana.

Se mantuvo también la gran inversión laboral de los indios para el cuidado del agroecosistema nopal-grana, pero contrario a lo mencionado por Rojas, quien indica que los españoles no se apropiaron de las nopaleras, ni intervinieron en su producción o procesamiento, se encontró información que señala que los españoles con la imposición de sus técnicas de cultivo y su racionalidad no sólo intervinieron, sino que generaron que los mismos indígenas eliminaran el agroecosistema que atentaba contra su alimentación y sobrevivencia.

Se describió el sistema actual de producción de grana que se ubica en Toluca de Guadalupe, Terrenate, Tlaxcala, el cual es un sistema intensivo, que separa la cría de grana en dos procesos, el cultivo del nopal y la cría del insecto en un ambiente protegido. Los productores de grana son campesinos, que carecían de los conocimientos técnicos agrícolas sobre la cría del insecto, pero mediante la observación, conocimiento del entorno, la movilización de sus conocimientos

campesinos, el método de ensayo y error y la alta inversión laboral en la cría de la grana, han logrado obtener grana de primera calidad. Estos productores producen 200 kg de grana al año de excelente calidad (23.6% de AC). Comparando el sistema Pausal con el sistema Campo Carmín, que en su momento fue un ejemplo exitoso de producción intensiva de grana, el primero conoce mejor al insecto y las condiciones medioambientales por lo que ante distintas dificultades ha demostrado mayor capacidad de resiliencia.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, René. 1985. Relaciones geográficas del siglo XVI: Tlaxcala, tomo segundo. UNAM. México. 485p.
- Aguilar S., A. 1987. Muestreo de suelos y el manejo de las muestras. En: Tah (coord.). El análisis químico de los suelos. 1era edición. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Aguilar S., A., J. D. Etchevers B. y J. Z. Castellanos R. 1987. Análisis químico para evaluar la fertilidad de suelos. Publicación especial 1. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. A.C. Chapingo. México.
- Aldama A., C. Llanderal C., M. Soto H., y L. E. Castillo M. 2005. Producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en plantas de nopal a la intemperie y en micro túneles. *Agrociencia*. 39(2): 161-171.
- Aldama-Aguilera. C. y C. Llanderal-Cazás, 2003. Grana cochinilla: comparación de métodos de producción en penca cortada. *Agrociencia*. 37(1): 11-19.
- Alpha, A. y Castellanet, C. 2008. Défendre les agricultures familiales: lesquelles, pourquoi?. Résultats des travaux et du séminaire organisé par la Commission Agriculture et Alimentation de Coordination SUD.
- Altecsa. 2019. Historia, el corazón de los colorantes y la química del éxito. México. <http://www.altecsa.lat/h.html>
- Altieri M. A. 1993. ¿Por qué estudiar la agricultura tradicional? *Agroecología y Desarrollo*, Revista de Clades 1: 25-33.
- Altieri, M.A. 1992. ¿Por qué estudiar la agricultura tradicional?. En: González , A. y González de Molina M. (Coord)., *La tierra, mitos, realidades: Coloquio internacional*, Granada. Anthropos. España. pp:332-350.
- Alzate, Josef Antonio. 1777. Memoria en que se trata del insecto grana ó cochinilla, de su naturaleza y serie de su vida, como también del método para propagarla y reducirla al estado en que forma uno de los ramos más útiles del comercio. Imprenta de Sancha. Madrid.
- Anderson. 2001. *The Cactus Family*. Timber Press, Portland, OR. pp. 93 -638.
- Apollin, Frederic y Eberhart Christophe. 1999. Análisis y Diagnóstico de los sistemas de producción en el medio rural, Guía metodológica. CICDA, RURALTER. Ecuador.

- Archivo Histórico de Asturias (AHA), Fondo Pividal, C11249/0. 1600. Relación de los lugares y pueblos de donde se saca la grana de la ciudad de Cholula y sus sujetos hecha por Alonso de Nava, juez de comisión para el beneficio de ella, por el ilustrísimo señor Conde de Monterrey.
- Arias Salvador. 1998. La sistémica de cactáceas en México, breve recuento y perspectivas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 63: 153-164.
- Arrijoa D. V., L. A. 2013. El cultivo de grana en el sur de México, 1752-1856. *Baetica. Estudios de Arte, Geografía e Historia*. 35: 253-270.
- Azocar P. 2003. Opuntia como alimento para rumiantes en Chile. In: El nopal (*Opuntia* spp.) como forraje. Estudio FAO producción y protección vegetal 169. Mondragón-Jacobo C. y Pérez-González S. (Eds.). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.
- Baker H. G. 1971. Human influence on plant evolution. *BioScience* 21: 108.
- Bartra-Vergés, A. 2011. Os novos camponeses: leituras a partir do México profundo. São Paulo, Cultura Acadêmica. Cátedra UNESCO de Educação do Campo e Desenvolvimento. 319p.
- Ben-Dov, Y. y Marotta, S. 2001. Taxonomy and family placement of *Coccus bassi* Targioni Tozzetti, 1867 (Hemiptera: Coccoidea). *Phytoparasitica* 29(2): 169-170.
- Benson L., and D. Walkington. 1965. The southern Californian prickly pear invasion, adulteration and trial-by-fire. *Ann. Miss. Bot. Gard.* 52: 262-273.
- Benson, L. 1982. *The cacti of the United States and Canada*. Stanford University Press, Stanford.
- Berdegue, J. y Larrain, B. 1988. *Cómo trabajan los campesinos*. CO, CELATER. Cali.
- Berkes F., Colding J. y Folke Source C. 2000. Rediscovery of Traditional Ecological Knowledge as Adaptive Management. *Ecological Applications* 10: 1251-1262.
- Berkes, F. 1993. Traditional ecological knowledge in perspective. En: Inglis, Julian T. (Ed), *Traditional ecological knowledge, concepts and cases*. Ottawa, Canada: International Program on traditional ecological knowledge, Canadian Museum of Nature y International Development Research Centre. pp:1-10.

- Berkes, F. 1999. Sacred Ecology: traditional ecological knowledge and resource management. Book Review, *Journal of ethnobiology* 19: 248-249.
- Berkes, F., Colding, J. y Folk., C. 2003. Navigating social ecological systems. Building resilience for complexity and change. Cambridge University Press. United Kingdom. 393p.
- Berkes, Fikret. 2012. Sacred ecology. Library of Congress. 3ra ed. Routledge, Taylor and Francis Group. Nueva York and London. 392p.
- Biblioteca Digital Mexicana, BDM. 2018. Matrícula de tributos. Biblioteca digital mexicana, Instituto Nacional de Antropología e Historia y Biblioteca Nacional de Antropología e Historia. <http://bdmx.mx/documento/matricula-tributos>
- Bidwell R., G. S. 1993. Fisiología vegetal. Primera edición. AGT ADITOR S. A. 784 p.
- Boege, E. 2017. El patrimonio biocultural y los derechos culturales de los pueblos indígenas, comunidades locales y equiparables. *Diario de campo*, cuarta época, 1:39-69.
- Bravo Hollis, H. 1978. Las cactáceas de México, vol. I. UNAM, México, 743 pp.
- Bravo Hollis, H., y L. Scheinvar. 1995. El interesante mundo de las cactáceas. Conacyt/FCE, México, 233 pp.
- Brito G., B. 2017. La grana en Huejotzingo. Lugar del pequeño huejote. En: M. Fernández (coord.). *Rojo mexicano, la grana cohinilla en el arte*. Instituto Nacional de Bellas Artes, Secretaría de Cultura, México. pp: 74-91.
- Brittenham, C. 2015. Three rEds. Cochineal, hematite and cinnabar in the prehispanic mesoamerican world. En: C. Padilla y B. Anderson (coords.). *A Red like no other. How Cochineal colored the world*. Skira Rizzoli Museum of international folk art, Nueva York-Santa Fe. pp:26-35.
- Britton, N., and J. Rose. 1919. *The Cactaceae*. Vol. I. Carnegie Institution of Washington. Washington. 241 p.
- Butler C. 2006. Historicizing Indigenous Knowledge, Practical and Political Issues. En: Menzies, Charles R., *Traditional Ecological Knowledge and Natural Resource Management*. University of Nebraska Press, Lincoln and London. United States of America. pp: 107-126.
- Campana, M. Robles G., N. Tuross, N. 2015. American's red gold: multiple lineages of cultivated cochineal in Mexico. *Ecology and evolution*. 5: 607-617.

- Campos-Figueroa, M., y C. Llanderal-Cázares. 2003. Producción de grana-cochinilla *Dactylopius coccus* (Homóptera: Dactylopiidae) en invernadero. *Agrociencia* 37(2): 149-155.
- Casas, A. y Parra, F. 2007. Agrodiversidad, parientes silvestres y cultura. *LEISA Revista de agroecología* , 5-7.
- Casas, A., Otero-Arnaiz, A. Pérez-Negrón, E. y Valiente-Banuet, A. 2007. *Annals of Botany* 100: 1101–1115,.
- Casas, A., Otero, A. A., Pérez N. E, Valiente B. A. 2002. Manejo y domesticación de cactáceas en América. *Zonas áridas*. 7:73-103.
- Casas, Alejandro, Pickersgill, B., Caballero, J., Valiente B., A. 1997. Ethnobotany and Domestication in Xoconochtli, *Stenocereus stellatus* (Cactaceae), in the Tehuacán Valley and La Mixteca Baja, México. *Botany*. 51: 279-292.
- Caso B., L. 2007. Huertos qeqchi: comprobación actual de un agroecosistema prehispánico. En: Laporte, Arroyo y Mejía (Eds). XXII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala. pp.276- 284.
- Caso Barrera, L., y Aliphath F., M. M. 2012. Mejores son huertos de cacao y achiote que minas de oro y plata: huertos especializados de los choles del
- Caso-Barrera, L. y Aliphath F., M. M. 2006. Cacao, vanilla and annatto: three production and exchange systems in the Southern Maya lowlands, XVI-XVII centuries. *Journal of Latin American Geography* 5: 29-52.
- Castillo B., F. 2008. La fábrica textil el Refugio. *Tlahcuilo*, 2: 61-64.
- Castillo P., N. A. 2013. Auge y fin de la grana cochinilla en Cholula (1579-1663). En: T. Calvo y A. Musset (dir.). *Des Indes Occidentales à l'Amérique Latine: Volume 2, Centro de estudios mexicanos y centroamericanos, CEMCA, IHEAL. México*. pp. 387-408.
- Castillo, N. A. 2001. Cholula en sangre de grana: La destrucción de las nopaleras de cochinilla como resistencia indígena ante el agravio español. *Historias* 49: 45-66.
- Castillo, N. A. 2008. Cholula Sociedad mestiza en ciudad india. Universidad Autónoma Metropolitana, Plaza y Valdés S.A. de C. V. México. 526p.
- Cavalli-Sforza, L.L. y Feldman, M. W. 1981. *Cultural Transmission and Evolution: A Quantitative Approach*. Princeton University Press. United Kingdom. 388p.

- Chávez-Moreno C., K., Tecante, A., Casas, A., y Claps. 2011. Distribution and Habitat in Mexico of *Dactylopius* Costa (*Hemiptera: Dactylopiidae*) and their Cacti Hosts (*Cactaceae: Opuntioideae*). *Neotropical entomology* 40: 62-71
- Chayanov, V. A. 1925. La organización de la unidad económica campesina. Ed. Nueva Visión, Argentina.
- Chayanov, V.A. 1931. The socioeconomic Nature of the Peasant Farm Economy. En Sorokin, Zimmerman y Galpin (Eds.). *A Systematic Source Book in Rural Sociology*. The University of Minnesota Press. Minneapolis. Pp: 144-145.
- Claps L. E. y M. E. De Haro. 2001. Coccoidea (Insecta: Hemiptera) associated with Cactaceae in Argentina. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*. pp 77-83.
- Claps L., E. 2010. Morfología, sistemática y distribución de Dactylopiidae (Hemiptera: Coccoidea). En: Portillo L., y A. L. Viguera (Eds.). *Conocimiento y aprovechamiento de la grana cochinilla*. Universidad de Guadalajara. México. pp. 17-29
- Claps, L. 1999. Biodiversidad de “cochinillas” (Hemiptera: Coccoidea) asociadas a Opuntia en la Rep. Arg. *Jornadas sobre Aprovechamiento de Tuna*. Santiago del Estero. Marzo 1999. 14-16.
- Codex Alimentarius Commission (CAC). 2016. Codex General Standard for Food Additives (GSFA, Codex STAN 192-1995).
- Colunga G.M., P., E. Hernández X., and A. Castillo. 1986. Variación morfológica, manejo agrícola y grados de domesticación de Opuntia spp. en el Bajío guanajuatense. *Agrociencia* 65: 7-49.
- CONAPOa. 2010. índice de marginalidad por localidad. Consejo Nacional de Población. México.
- CONAPOb. 2010. índice de marginalidad por entidad federativa y municipio. Consejo Nacional de Población. México.
- Contreras S., A. C. 1996. Capital comercial y colorantes en la nueva España: segunda mitad del siglo XVIII. *El Colegio de Michoacán*. México.
- Cordeiro D., S. D. y S. Gonzaga D. A. 2003. Opuntia como forraje en el noreste semiárido del Brasil. In: *El nopal (Opuntia spp.) como forraje*. Estudio FAO producción y protección vegetal 169. Mondragón-Jacobo C. y Pérez-González S. (Eds.). Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Roma.

- Coronado F., V. 2011. Efecto de la fertilización de nopal (*Opuntia ficus-indica*) sobre la productividad y calidad de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. México.
- Coronado-Flores, V. Tornero-Campante, M. A., Núñez-Tovar, R., Jaramillo-Villanueva, J. L. Y Méndez-Gallegos, J. L. 2015. Productividad de cochinilla *Dactylopius coccus* (hemiptera: dactylopiidae) en cladodios de *Opuntia ficus-indica* (cactacea) con diferentes tratamientos de fertilización. *Acta Zoológica Mexicana* 31: 183-189.
- Dahlgren, B. 1990. La grana cochinilla. UNAM. México. 320p.
- De Haro, M. E. y Claps, L. E. 1999. Primera cita de *Dactylopius coccus* (Hemiptera: Dactylopiidae) para la República Argentina. *Rev. Soc.Entomol. Argent.* 58 (3-4):128.
- De Herrera, Antonio. 1726. Historia general de los hechos de los castellanos en las islas y tierra firme del mar oceáno, escrita por Antonio de Herrera cronista de su mejestad de las Indias y cronista de Castilla y León. Década II, libro IV. Madrid: Oficina Real de Nicolás Rodríguez Franco.
- De la Fuente M. G. 2008. Las artesanías en Contla, origen y decadencia. *Tlahcuilo* 2: 109-114.
- De la O, A.P. y Garner, E. 2012. Defining the “Family Farm”. Working paper, FAO. 29 p.
- De Lotto, G. 1974. On the status and identity of the cochineal insects (Homoptera: Coccoidea:Dactylopiidae). *Journal of the Entomological Society of Southern Africa* 37: 167-193p.
- De Sahagún, B. 1830. Historia general de las cosas de nueva España. Imprenta del ciudadano Carlos Valdés. México. 118 p.
- Del Río y Dueñas. 2006. La grana cochinilla fina, regalo de México para el mundo. Instituto estatal de ecología. Oaxaca. 97p.
- Diccionario de Autoridades, DA. 1729. Chapodar. Tomo II. Real Academia Española.
- Diccionario de autoridades, DA. 1737. Punzón. Tomo V. Real Academia Española.
- Diccionario de Autoridades. 1726. Arroba. Tomo I. Real Academia Española.
- Diccionario de Autoridades. 1739. Vecino. Tomo VI. Real Academia Española.

- Diodato L., M. Iturre, y M. E. Paz. 2004. Especies de *Dactylopius* en Argentina y factores que inciden en su producción. *Quebracho*. 11:67-72.
- Domenicci, D., Grazia, C., Buti, D., Romani, A, Miliani, C. y Sgamellotti, A. 2017. La cochinilla en los códices prehispánicos y coloniales. En: M. Fernández (coord.), *Rojo mexicano, la grana cochinilla en el arte*. Instituto Nacional de Bellas Artes, Secretaría de Cultura. México. pp 63-73.
- Donkin R., A. 1977. Spanish Red: An Ethnogeographical Study of Cochineal and the *Opuntia* Cactus. *Transactions of the American Philosophical Society* 67: 1-84.
- Dudgeon R.C. y Berkes F. 2003. Local Understandings of the Land: Traditional Ecological Knowledge and Indigenous Knowledge. En: Selin H. (Eds.) *Nature Across Cultures. Science Across Cultures: The History of Non-Western Science*. Springer, Dordrecht. Manchester. pp:75-96.
- Dupey G. E. 2015. Traducción del náhuatl al español del capítulo once del libro XI del Códice florentino. *Estudios de cultura náhuatl* (49):223-249.
- Dupey G., E. 2009. Du rouge de la cochenille à la transmission des savoirs traditionnels: les multiples significations de tlapalli chez les anciens Nahuatl (Mexique), en Marcello Carastro (ed.), *L'Antiquité en couleurs*, Grenoble, Éditions Horos. pp. 207-227.
- Ellis, F. 2000. *Rural Livelihoods and Diversity in Development Countries*. Oxford University Press. New York.
- Emery, A. 1997. Guidelines for environmental assessments with indigenous people. Canadá: World Council of indigenous people, Canadian international development agency and environment Canada.
- ENOE-INEGI. 2010. Encuesta Nacional de ocupación y empleo. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- ENOE-INEGI. 2019. Encuesta nacional de ocupación y empleo. Primer trimestre 2019. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- Espinoza E., Silos H., Flores S., Valera LL., Rodríguez E., Gallegos C., Guevara F., González M., Guzmán H. 2014. Agrupamiento de genotipos de nopal (*Opuntia* spp.) de México por medio de la técnica de AFLPs y características del fruto. *FYTON Revista Internacional en Botánica Experimental* 83: 299-306.
- Esquivel, P. 2004. Los frutos de las cactáceas y su potencial como materia prima. *Agronomía Mesoamericana* 15: 215-219.

- European Union (EU). 1989. Community Directive 89/107/EEC; Official Journal of the European Union. L 40; European Community: Brussels, Belgium.
- European Union (EU). 1994. Community Directive 94/36/EEC; Official Journal of the European Union. L 237/13; European Community: Brussels, Belgium.
- FAO/OMS Comité Mixto de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA). 2000. Base de datos sobre aditivos alimentarios (con excepción de los utilizados como aromatizantes). <http://www.codexalimentarius.net/web/jecfa.jsp>
- Figueroa H., F., J.R. Aguirre y E. García. 1979. Estudio de las nopaleras cultivadas y silvestres sujetas a recolección para el mercado. En: Avances en la Enseñanza e Investigación. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. pp: 10-11.
- Flores-Flores, V. y Tekelenburg, A. 1995. Dacti (*Dactylopius coccus* Costa) dye production. En: Agroecology, cultivation and uses of cactus pear. Barbera, Inglese y Pimienta-Barrios (Eds.). FAO Plant Production and Protection Paper 132. Roma. pp. 167-185.
- Flores-Hernández A., B. Murillo-Amador, E. O. Rueda-Puente, J. C. Salazar-Torres, J. L. García-Hernández y E. Troyo-Diéguez. 2006. Reproducción de cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* (Homóptera: Dactylopiidae). Revista Mexicana de Biodiversidad 77:97-102.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2013. Proposed FAO Working Definition of Family Farming for IYFF. Documento de trabajo. Roma.
- Fuentes Y., J. L. 1994. El suelo y los fertilizantes. 4ª Edición. Ed. Mundi prensa. Madrid. 327 p.
- García-Morís R. 2015. La Relación de lugares y pueblos donde se saca la grana de la Ciudad de Cholula (México) de 1600. Alcance y contenido. Revista Española de Antropología Americana 45: 75-89.
- García-Zambrano, E., A. Gutiérrez-Díez, G. Salinas-García, E. Cárdenas-Cerda, R. Vázquez-Alvarado, F. Zavala-García y C. J. Martínez. 2006. Classification and estimation of genetic diversity of nopal (*Opuntia* spp.) on the basis of phenotypic descriptors and genetic molecular markers. Phyton. International Journal of Experimental Botany 75: 125-135.
- García, Enriqueta. 1998. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. México:UNAM.
- Garner E. y De la O, A.P. 2014. Identifying de family farm: discussion of the concepts and definitions. ESA Working Paper No. 14-10. Roma:FAO.

- Gerhard, Peter. 2000. Geografía Histórica de la Nueva España , 1519-1581. UNAM. México. 494p.
- Gibson, Charles. 1991. Tlaxcala en el siglo XVI. México: Fondo de Cultura Económica. 285p.
- Giordano S. V., C. A. 2010. Agricultura tradicional en la Nueva España. Revista de Historia Regional 15: 108-130.
- Gliessman, S. R. 2002. Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible. CATIE. Costa Rica.
- Gliessman, S. R. 2013. Agroecología: Plantando las raíces de la resistencia. Agroecología 8:19-26.
- Gómez de Cervantes, Gonzalo. 1944. La vida económica y social de la Nueva España al finalizar el siglo XVI. Antigua librería Robredo, de José Porrúa e hijos. México. 218p.
- González M., J. Méndez, A. Carnero, M. G. Lobo, y A. Alfonso. 2002. Optimizing conditions for the extraction of pigments in cochineals (*Dactylopius coccus* Costa) using response surface methodology. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 50: 6968-6974.
- González, J. A. 2008. La industria textil en Tlaxcala. Tlahcuilo. 2: 9-24.
- González, L. 1978. Origen de la domesticación de los vegetales en México. En: Lorenzo, J. (ed). Historia de México. Medio Ambiente y Primeras Etapas. Salvat. México. pp: 77-92.
- González, S. V. 2008. Agroecología. Saberes campesinos y agricultura como forma de vida. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Grenier, L. 1999. Conocimiento indígena, Guía para el investigador. Primera edición. Editorial Tecnológica de Costa Rica y Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. Ottawa, Canadá.
- Griffith, P. 2004. The origins of an important cactus crop, *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae): new molecular evidence. Am. J. Bot. 91:1915-1921.
- Gürses A., Açıkyıldız M., Güneş K. y Sadi G. 2016. Dyes and Pigments. Springer. Suiza.
- Guzmán Monroy, V. 1993. La genealogía de Zolin. En: Reyes G., L. (Ed.). La escritura pictográfica en Tlaxcala, dos mil años de experiencia mesoamericana. Universidad Autónoma de Tlaxcala, Centro de

- Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, Tlaxcala, México. Pp: 127-131.
- Guzmán, U., Arias y P. Dávila. 2003. Catálogo de cactáceas mexicanas. Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 315 p.
- Hawkes JG 1983. The diversity of crop plants. Harvard University Press. Cambridge, MA, EEUU. 184p.
- Hernández A. R. 2001. Propuesta de instalación de una planta procesadora de grana cochinilla para la obtención de sus principales derivados. En: Llanderal C., C., y R. Nieto H. (Eds.). Cría de la grana cochinilla para la producción de su pigmento, Colegio de Postgraduados. México. pp. 105-118.
- Hernández S., R., Fernández C., C., Baptista L., M. P. 2010. Metodología de la investigación. McGraw Hill. México. 613p.
- Hunn, E. 1993. What is Traditional Ecological Knowledge?. En: N. M. Williams y G. Baines (Eds.). Traditional ecological knowledge: wisdom for sustainable development. Centre for Resource and Environmental Studies , Australian National University. Canberra.
- Hunt. 1999. CITES Cactaceae Checklist, second ed, Royal Botanic Gardens, Kew.
- INAFED-SEGOB. 2010. Enciclopedia de Municipios y Delegaciones de México. Municipio de Terrenate. Instituto Nacional del Federalismo y Desarrollo Municipal de la Secretaría de Gobernación – Gobierno del Estado de Tlaxcala – Gobiernos Municipales. México. Disponible en: <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM29tlaxcala/municipios/29030a.html>
- INEGI. 2017. Anuario estadístico y geográfico de Tlaxcala. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Gobierno del estado de Tlaxcala-Secretaría de Planeación y Finanzas.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Carta de Climas, 1:1 000 000. Síntesis geográfica del estado de Morelos. México.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Carta de Uso Potencial y Agricultura, 1:1 000 000. Síntesis geográfica del estado de Morelos. México.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Carta Hidrológica de Aguas Superficiales, 1:250 000. Síntesis geográfica del estado de Morelos. México.

- JECFA, 2000a. Cochineal Extract. FAO Food and Nutrition Paper 52 (Addendum 8).
- JECFA, 2000b. Carmines. FAO Food and Nutrition Paper 52 (Addendum 8).
- Juelke, P. M. 2008. Colores, texturas y técnicas del sarape. En: El sarape de Saltillo. Museo Franz Mayer-Artes de México. México. pp: 39-68.
- Kiesling, R. 1999. Origen, domesticación y distribución de *Opuntia ficus-indica*. Journal of the Professional Association for Cactus Development 3: 50-59.
- Kondo T. 2001. Las Cochinillas de Colombia (*Hemiptera: Coccoidea*). Biota Colombiana 2: 31 – 48.
- Krebs, C. J. 1985. Ecología: estudio de la distribución y la abundancia. 2 ed. Harla. México. 753p.
- Kuhn, R. G., y F. Duerden. 1996. A review of traditional environmental knowledge: an interdisciplinary Canadian perspective. Culture 16:71-84.
- La joya Eximport. 2019. Cochinilla. La joya Eximport EIRL. <http://www.lajoyaeximport.com/cochinilla.html>
- Labra, M., F. Grassi, M. Bardini, S. Imazio, A. Guiggi, S. Citterrop, E. Banfi, y S. Sgorbati. 2003. Genetic relationships in *Opuntia* Mill. genus (Cactaceae) detected by molecular marker. Plant Science 165: 1129-1136.
- Lara S., R. 1992. Dinámica Nutritional del nopal tunero (*Opuntia amyclaea* Tenore) con diferentes fuentes de fertilización. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. 70 p.
- Leach y Fairhead. 2002. Modos de contestación: la ciencia ciudadana y los conocimientos indígenas en África occidental y el Caribe. Revista Internacional de Ciencias Sociales 173:19-35
- Lee R. 1951. American cochineal in european commerce, 1526-1625. Journal of Modern History 23: 205-224.
- León Portilla M. 2009. La tinta Negra y Roja. Antología de Poesía náhuatl. Selección Coral Bracho y Marcelo Uribe. Era, El Colegio Nacional, Galaxia Gutenberg. México.
- León Portilla M. 2017. La filosofía náhuatl estudiada en sus fuentes (primera edición en formato epub). Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Históricas (Serie Cultura Náhuatl: Monografías, 10). México.

- Llanderal C., C. y M. Campos F. 2001. Sistemas de producción de la grana cochinilla. En: Producción de Grana Cochinilla. Llanderal C., y R. Nieto (Eds.). Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. pp: 61-67.
- Llanderal C., C., y R. Nieto H. 2001. Características biológicas de la grana cochinilla del nopal (*Dactylopius coccus* Costa). En: Llanderal C., C., y R. Nieto H. (eds). Producción de Grana Cochinilla. Colegio de Postgraduados. México. pp: 23–30.
- Llanderal, C. 2004. Cría de la grana cochinilla del nopal *Dactylopius coccus* Costa (*Homoptera: Dactylopiidae*). En: Cría de Insectos plaga y Organismos Benéficos. Bautista, M., H. Bravo M. y C. Chavarín P. (Eds.) Instituto de Fitosanidad. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México, CONABIO. México. pp 313-323.
- Luna-Páez, A., E. Valadéz-Moctezuma, A. Barrientos-Priego y C. Gallegos-Vázquez. 2007. Characterization of *Opuntia* spp. by means of seed with RAPD and ISSR Markers and its possible use for differentiation. *Journal of the Professional Association for Cactus Development* 9: 43-59.
- Majure. 2012. Phylogeny of *Opuntia*: Clade delineation, geographic origins and reticulate evolution. *Journal of Botany* 99: 847-867.
- Marichal, C. 2006. Mexican Cochineal and the European Demand for American Dyes, 1550-1850. En S. Topik, C. Marichal y Z. Frank (Eds.). From silver to cocaine. Latin American commodity chains and the building of the world economy, 1500-2000. Duke University Press. Durham.
- Marichal, C. 2017. La grana cochinilla mexicana y los colores de la temprana globalización comercial, siglos XVI-XVIII. En: M. Fernández (coord.), Rojo mexicano, la grana cochinilla en el arte. Instituto Nacional de Bellas Artes, Secretaría de Cultura. México. pp. 102-119.
- Marín L., R. y F. V. Cisneros. 1977. Biología y morfología de la grana del carmín *Dactylopius coccus* Costa (*Homoptera: Dactylopiidae*). *Revista Peruana de entomología*. 20(1):115-120.
- Martín, G. J. 1995. *Ethnobotany: A methods manual*. Springer Science+Business Media Dordrecht. United Kingdom.
- Méndez G., S J.1992. Tasas de supervivencia y reproducción de la grana cochinilla *Dactylopius coccus* (Costa) (*Homoptera: Dactylopiidae*) a diferentes temperaturas. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. México. 70 p.

- Méndez G., S. J. 2001. Cultivo y manejo de la grana cochinilla. En: Cría de la grana cochinilla para la producción de su pigmento. C. Llanderal C. y R. Nieto H. (Eds.). Colegio de Postgraduados. México. pp. 69-78.
- Méndez-Gallegos, S. de J., L. A. Tarango-Arámbula, A. Carnero, R. Tiberi y O. Díaz-Gómez. 2010. Crecimiento poblacional de la cochinilla *Dactylopius coccus* Costa criada en cinco cultivares de nopal *Opuntia ficus-indica* Mill. *Agrociencia*. 44: 225-234.
- Méndez-Gallegos, S. de J., T. Panzavolta, and R. Tiberi. 2003. Carmine cochineal *Dactylopius coccus* Costa (Rhynchota: *Dactylopiidae*): Significance, production and use. *Advances in Horticultural Science* 17(3): 165-171.
- Mondragón J., C., S. J. Méndez G. y G. Olmos O. 2003. El cultivo de *Opuntia* para la producción de forraje: de la reforestación al cultivo hidropónico. *In: El nopal (Opuntia spp.) como forraje. Estudio FAO producción y protección vegetal* 169. Mondragón-Jacobo C. y Pérez-González S. (Eds.). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.
- Mondragón, J.C. y B.B. Bordelon. 2002. Apomixis presence on crosses from Mexican nopal and their preliminary molecular identification. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25: 247-252.
- Montiel R., L. 1995. Morfología de *Dactylopius coccus* Costa (Homoptera: Dactylopiidae) y su biología y producción en dos fotoperiodos. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. 104 p.
- Mora D., J. 2008. Persistencia, conocimiento local y estrategias de vida en sociedades campesinas. *Revista de estudios sociales* 29: 122-133.
- Morán F.E. 1993. La ecología humana de los pueblos de la Amazonia. FCE. México. 325p.
- Morón M. A. y R. A. Terron. 1988. Entomología práctica. Instituto de Ecología. México. pp. 169-170.
- Müller-Maatsch, J. y Gras C. 2016. The “Carmine Problem” and Potential Alternatives. En: *Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages*. Elsevier. pp. 385-428.
- Munz, P. y Keck. 1973. *A California Flora*. University of California Press. Berkley. 1681p.
- Muñoz C., D. 2006. *Los tlaxcaltecas*. UNAM. México. 140p.
- Muñoz C., D. 2013. *Historia de Tlaxcala*. UAT, CIESAS. México. 388p.

- Nakashima, D.J., Galloway McLean, K., Thulstrup, H.D., Ramos Castillo, A. and Rubis, J.T. 2012. Weathering Uncertainty: Traditional Knowledge for Climate Change Assessment and Adaptation. UNESCO y Darwin, UNU. Paris, Francia. 120 pp.
- Nefzaoui A. y H. B. Salem. 2003. *Opuntia* forraje estratégico y herramienta eficiente para combatir la desertificación en la región Wana. In: El nopal (*Opuntia spp.*) como forraje. Estudio FAO producción y protección vegetal 169. Mondragón-Jacobo C. y Pérez-González S. (Eds.). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.
- Nefzaoui A. y Salem, H. B. 2003. *Opuntia* forraje estratégico y herramienta eficiente para combatir la desertificación en la región Wana. En: El nopal (*Opuntia spp.*) como forraje. Mondragón-Jacobo y Pérez-González (Eds.). FAO. Plant Production and Protection Paper 169. Roma. pp. 73-89.
- Nobel P., S. 1983, Nutrient levels in cacti relation to nocturnal acid accumulation and growth. American Journal of Botany. 70(8): 1244-1253.
- Nobel P., S. 1988. Environmental biology of agaves and cacti. New York: Cambridge Univ. Press.
- Nobel P., S. 2002. Cacti: Biology and uses. University of California Press. 280 p.
- Ochoa C., P. y Román T.,R. L. 2017. Urdimbres enlazadas de Mesoamérica. Textil de la Cueva del Gallo, Morelos, México. In Bjerregaard L. and Peters A. (Eds), PreColumbian Textile Conference VII / Jornadas de Textiles PreColombinos VII. Lincoln, N.E. pp. 40–49.
- Ochoa Paredes, Cruz María. 1985. Evolución histórico-geográfica de las divisiones territoriales del estado de Tlaxcala (1519-1980). Investigaciones geográficas 15: 211-253.
- Odum, E. P. 1984. Properties of Agroecosystems. En Lowrance, Stinner y Garfield (Ed.). House Agricultural Ecosystems: Unifying Concepts. J. Wiley and Sons, New York. pp. 5-12.
- Olivier de Sardan, J. P. 2005. Popular knowledge and scientific and technical knowledge. En: J. P., Olivier de Sardan, Anthropology and Development Understanding Contemporary Social Change. New York, USA. Zed Books. pp. 153-165.
- Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI). 2010. Comité Intergubernamental sobre Propiedad Intelectual y Recursos Genéticos, Conocimientos Tradicionales y Folclore. (Decimoséptima sesión). Organización Mundial de la propiedad Intelectual. Ginebra, Suiza.

- Peñafiel, A. 1977. Indumentaria antigua mexicana. Oficina Tip. de la Secretaría de Fomento. México.
- Pérez-Magaña, A. 2008. Conocimiento y estrategias campesinas en el manejo de los recursos naturales. *Ra Ximhai* 4:183-213.
- Pimienta-Barrios, E. y Muñoz-Urias, A. 1995. Domestication of Opuntias and cultivated varieties. En: Barbera, G., Inglese, P. & Pimienta-Barrios, E. (Eds.), *Agro-ecology, Cultivation and Uses of Cactus Pear*. FAO Plant Production and Protection Paper, Roma. PP: 58-63.
- Pinkava D.J., Baker M.A., Parfitt B.D., Mohlenbrock M.W. y Worthington R.D. 1985. Chromosome numbers in some cacti of Western North America-V. *Systematic Botany* 10:471-483.
- Pinkava, D.J. 2002. On the evolution of the continental North American *Opuntioideae* (Cactaceae). En: *Studies in the Opuntioideae*. Hunt, D., y Taylor. (Eds). David Hunt, Milborne Port. pp: 59-98.
- Ploeg, J. D. Van der. 2008. Camponeses e impérios alimentares. Lutas por autonomia e sustentabilidade na era da globalização. EDUFRGS. Porto Alegre, Brasil.
- Ploeg, J. D. Van der. 2016. El campesinado y el arte de la agricultura. Un manifiesto chayanoviano. Universidad Autónoma de Zacatecas/Red Internacional de Migración y Desarrollo/Miguel Ángel Porrúa. México D.F.
- Ploeg, J.D. van der. 2014. Diez Cualidades de la Agricultura Familiar. *Revista Agriculturas: experiencias en agroecología* 1.
- POET. 2011. Plan Municipal de Desarrollo de Terrenate 2011-2013. Periódico Oficial del Estado de Tlaxcala. Oficialía Mayor de Gobierno. Gobierno del Estado de Tlaxcala. No. 19, Segunda Sección. Disponible en: <https://periodico.tlaxcala.gob.mx/index.php/indice-2011>
- POET.2017. Plan Municipal de Desarrollo de Toluca de Guadalupe, Terrenate 2017-2021. Periódico Oficial del Estado de Tlaxcala. Oficialía Mayor de Gobierno. Gobierno del Estado de Tlaxcala. No. 50, Tercera Sección, Diciembre 13. Disponible en: <http://periodico.tlaxcala.gob.mx/index.php/indice-2017>
- Portillo, L. 2005. Origen de *Dactylopius coccus* Costa (*Hemiptera: Dactylopiidae*): ¿Norte o Sudamérica? *Dugesiana* 12: 1-8.
- Portillo, L. y Vigueras, A. L. 2018. Cría de grana cochinilla. En: *Ecología del cultivo, manejo y susos del nopal*. Inglese, P., Mondragón J., C., Nefzaoui,

A., Sáenz, C . (Eds.). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y el Centro Internacional de Investigaciones Agrícolas en Zonas Áridas. Roma. pp: 109-118.

Procesos de indios idólatras y hechiceros. 1912 Publicaciones del AGN, III. México.

Pulido S. J. y Bocco V. G. 2014. Conocimiento tradicional del paisaje en una comunidad indígena: caso de estudio en la región purépecha, occidente de México. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM 81: 41-57.

Ramírez-Cruz, A. 2012. Ultraestructura del germario de *Dactylopius coccus* Costa, 1829 (Hemiptera: Coccoidea: Dactylopiidae). Acta Zoológica Mexicana 28(3): 586-593.

Ramos P., A. A. y Serna C., F. J. 2004. Coccoidea de Colombia con énfasis en las cochinillas harinosas (Homiptera: Pseudococcidae). Revista Facultad de Agronomía, Medellín. 57(2).

Restrepo M., J., Ángel S., D. I. y Prager M., M. 2000. Agroecología. CEDAF. República Dominicana.

Reyes García, Luis. 1993. Documentos pictográficos en Tlaxcala. En: L. Reyes García, La escritura pictográfica en Tlaxcala (pp. 196-236). UAT, CIESAS. México.

Reyes-Agüero A., R. Aguirre R., and F. Carlín. 2004. Análisis preliminar de la variación morfológica de 38 variantes mexicanas de *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller En: El Nopal, Tópicos de actualidad. Esparza, G., R. Valdez, and J. Méndez G. (Eds.) Universidad Autónoma Chapingo and Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. pp: 21-47.

Reyes-Agüero, J., J. Aguirre A. y J. Flores. 2005. Morphological variation of *Opuntia* (Cactaceae) related to domestication in the Mexican Southern Uplands. Interciencia 30: 476-484.

Reyes-Agüero, J., J.R. Aguirre Rivera, F. Carlín Castelán y A. González-Durán. 2009. Catálogo de principales variantes silvestres y cultivadas de *Opuntia* en la Altiplanicie Meridional de México. UASLP, SAGARPA y CONACYT San Luis potosí, S.L.P. México. 350 p.

Rodríguez M., De Lira C., Hernández-Becerra E., Cornejo-Villegas M., Palacios-Fonseca A., Rojas-Molina, I., Reynoso R., Quintero L., Del-Real A., Zepeda T., Muñoz-Torres C. 2007. Physicochemical characterization of nopal pads

(*Opuntia ficus indica*) and dry vacuum nopal powders as a function of the maturation. *Plant Foods Hum Nutr* 62: 107-112.

Rodríguez, L.C., Méndez, M.A. y Niemeyer H. M. 2001. Direction of dispersion of cochineal (*Dactylopius coccus* Costa) within the Americas. *Antiquity* 75:73-77.

Rodríguez, S.E. y A. Nava-Cedillo. 1998. Nopal. Riqueza agroecológica de México. Subsecretaría de Educación e Investigación Tecnológicas. S.E.P. México, D.F. 160 p.

Rojas R., T. 1988. Las siembras del ayer, la agricultura indígena del siglo XVI. Secretaría de Educación Pública, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social. México. 230p.

Rojas R., T. 2001. La tecnología agrícola. En: Historia antigua de México, volumen IV: aspectos fundamentales de la tradición cultural mesoamericana. Manzanilla, L. Y López L., L. (Coord.) INAH, UNAM, Miguel Ángel Porrúa. México. Pp: 13-68.

Rojas R., T. 2013. Agricultura colonial indígena. *Arqueología Mexicana* V: 62-67.

Rojas R., T.1991. La agricultura en la época prehispánica. En: La agricultura mexicana desde sus orígenes hasta nuestros días. Rojas R., T (Ed.). Grijalbo. México. pp. 15-138.

Roque, G. 2018. Introducción. En: M. Fernández (coord.), Rojo mexicano, la grana cohinilla en el arte. Instituto Nacional de Bellas Artes, Secretaría de Cultura. México. pp. 18-61.

Ros G., F. 2004. Así no se mide, la antropología de la medición en la España contemporánea. España: Ministerio de Cultura, Dirección General de Bellas Artes y Bienes Culturales, Subdirección General de Museos Estatales.

Rosales O. R. 2003. Tlaxcala, ¿un distrito industrial?. *Sociológica*, 51: 131-163.

Ruddle, K. 1994. Local knowledge in the folk management of fisheries and coastal-marine environments. In: *Folk Management in the World Fisheries* (C.L. Dyer and J.R. McGoodwin Eds.). University Press of Colorado. Niwot, Colorado. pp. 161-206,

Ruz Barrio, Miguel Ángel y García-Morís, Roberto. 2018. Códice de la grana o relación de los lugares. *El Colegio Mexiquense A.C.* México. 169p.

Ruz Barrio, Miguel Ángel. 2008. Cholula durante el siglo XVI: la familia Chimaltecuhtli-Casco. *Revista española de antropología americana* 1:7-29.

- Salcedo, S. y L. Guzmán. 2014. Agricultura familiar en América Latina y el Caribe. Recomendaciones de política. Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Santiago de Chile. 486 p.
- Sánchez S., C. y Suárez B., M. 2006. Evolución de la producción y el comercio mundial de la grana cochinilla, siglos XVI-XIX. *Revista de Indias* LXVI: 473-490.
- Scheinvar L., Olalde-Parra G. y Gallegos-Vázquez C. 2015. Una nueva especie del género *Opuntia* (Cactaceae) para el estado de Veracruz, México. *Botanical Sciences* 93: 33-39.
- Scheinvar, L. 2001. Cactaceae. En: Flora Fanerogámica del Valle de México. Rzedowski, G., y Rzedowski. 2nd. ed. Instituto de Ecología and CONABIO. Pátzcuaro. México. pp: 431-470.
- Scheinvar, L., G. Olalde-Parra, D. Olvera-Shule y C. Martínez- González. 2010. Base de datos Especies Silvestres de Nopales Mexicanos. Laboratorio de Cactología, Jardín Botánico IB- UNAM.
- Scoones, I. 1998. Sustainable Rural Livelihoods: A Framework for Analysis. Institute of Development Studies, IDS Working Paper 72.
- Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural (SAGARPA). 2012. Plan Rector del Sistema producto nopal y tuna en el estado de Tlaxcala. SAGARPA, SEFOA, INCA. Tlaxcala. 48p.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2002. Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación. México. NOM-021- SEMARNAT-2000. DOF. México.
- Shreve, F., y I. Wiggins. 1964. Vegetation and Flora of Sonoran Desert. Stanford University Press, Stanford. 1740 p.
- Silva H., E. Acevedo y P. Silva. 2001. Anatomía del tejido fotosintético de diez taxa de *Opuntia* establecidos en el secano árido mediterráneo de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*. 74:341-351.
- Singh, R. K., Pretty, J. y Pilgrim, S. 2010. Traditional knowledge and biocultural diversity: learning from tribal communities for sustainable development in northeast India. *Journal of Environmental Planning and Management* 53: 511-533.
- Tegegne F. 2003. Valor nutricional de *Opuntia ficus-indica* como forraje de rumiantes en Etiopía. In: El nopal (*Opuntia spp.*) como forraje. Estudio FAO

- producción y protección vegetal 169. Mondragón-Jacobo C. y Pérez-González S. (Eds.). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.
- The British Museum, AM. 2006. Drg. 210 (16thC). Gómez de Cervantes Memorial and the Anonymous Pictorial Manuscript / Memorial de Don Gonçalo Gómez de Cervantes del modo de vivir que tienen los indos, y del beneficio de las minas de la plata, y de la cochinilla. / Relación de [lo] que toca la Grana Cochinilla.
- Thorner, D. 1963. Peasant economy is a category in economic history. *Economic weekly*. Bombay.
- Toledo V. M. 1991. El juego de la supervivencia. *Agroecología Ciencia y Aplicación*, Revista de Clades 3-44.
- Toledo, V. M. 1993. La racionalidad ecológica de la producción campesina. *Agroecología y Desarrollo*, 5/6.
- Toledo, V. M. 2005. La memoria tradicional: la importancia agroecológica de los saberes locales. *LEISA, Revista de agroecología* 20: 16-19.
- Torres-Méndez, S, A., Caso-Barrera L., y Aliphat Fernández M. M. 2019. Conocimiento ecológico, alimentación tradicional y clasificación frío caliente: en la perspectiva de los niños tseltales de Tenejapa, Chiapas. *LiminaR. Estudios Sociales y Humanísticos* vol. XVII: 148-166.
- Tovar P., A. 2011. El cultivo de la grana cochinilla del nopal (*Dactylopius coccus* Costa) (*Homoptera: Dactylopiidae*) y factores que inciden en su producción. *RESPYN Revista Salud Pública y Nutrición* 5: 223-230.
- Tylor, E B. 1975. La ciencia de la cultura. En: *El concepto de cultura*. Kahn, J. S.(comp.). Editorial Anagrama. Barcelona.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). 2004. *Declaración Universal sobre la Diversidad Cultural*. Perú: UNESCO.
- Velasco, H. M. 1992. Los significados de cultura y los significados de pueblo. Una historia inacabada. *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, 60: 7-25. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/40183677>
- Velasco, P. H. y G. F. García. 1988. Estudio del ciclo biológico de la cochinilla o grana del nopal. In: *Resúmenes del XXXIII Congreso Nacional de Entomología*. Michoacán, p. 101–102.

- Vigueras G., A. L. y L. Portillo M. 1995. Determinación de ácido carmínico en dos generaciones de *Dactylopius coccus* Costa, mediante cultivo hidropónico en nopal. *Nakari*. 6(3): 41-48.
- Vigueras G., A., y L. Portillo M. 2001. Factores limitantes en el cultivo de la grana cochinilla. En: Cría de la grana cochinilla para la producción de su pigmento. Llanderal C., C., y R. Nieto H. (Eds). Colegio de Postgraduados. México. pp. 79-92.
- Vigueras, A. L. y Portillo, L. 2014. Control de cochinilla silvestre y cría de grana cochinilla. Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología. Universidad de Guadalajara. México. 66p.
- Walles Morales, L. M. J. 1971. Cholula. Editorial J. M. Cajica. México. 220 p.
- Warren, D.M. 1992. Indigenous knowledge, biodiversity, conservation and development. International Conference on Conservation of Biodiversity in Africa: Local initiatives and institutional roles, Nairobi: National Museums of Kenya .
- Wiggins, I. 1980. Flora de Baja California. Stanford University Press, Stanford. 1025 p.
- Winter M. 2008. Huellas del sarape en la historia. En: Museo Franz Mayer y Artes de México. Sarape de Saltillo. Artes de México y del mundo. México, Ed. pp. 7-38.
- Wolf, E. 1971. Los campesinos. ES, Labor. Barcelona. 151p.