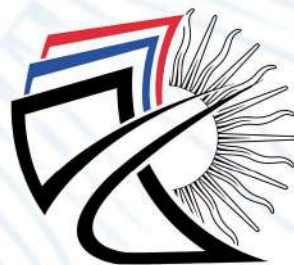


LA TUNA Y LA COCHINILLA

Alex Estuardo Erazo Lara
Luis Alfonso Condo Plaza
Blanca Alexandra Oñate Bastidas
Pablo Israel Álvarez Romero



PUERTO MADERO
EDITORIAL

1era Edición
2023



puertomaderoeditorial.com.ar



La Plata - Argentina

LA TUNA Y LA COCHINILLA

ISBN: 978-631-90039-4-9

Alex Estuardo Erazo Lara, Luis Alfonso Condo Plaza,
Blanca Alexandra Oñate Bastidas, Pablo Israel Álvarez Romero



La Tuna y la Cochinilla

AUTORES:

Alex Estuardo Erazo Lara

Luis Alfonso Condo Plaza

Blanca Alexandra Oñate Bastidas

Pablo Israel Alvarez Romero



La Tuna y la Cochinilla / Alex Estuardo Erazo Lara ... [et al.] ; editado por Juan Carlos Santillán Lima ; Guido Patricio Santillán Lima. - 1a ed. - La Plata : Puerto Madero Editorial Académica, 2023.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-631-90039-4-9

1. Agronomía. I. Erazo Lara, Alex Estuardo. II. Santillán Lima, Juan Carlos, ed. III. Santillán Lima, Guido Patricio, ed.

CDD 630.2



Licencia Creative Commons:

Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)



Primera Edición, Junio 2023

La Tuna y la Cochinilla

ISBN: 978-631-90039-4-9

Editado por:

Sello editorial: ©Puerto Madero Editorial Académica
Nº de Alta: 933832

Editorial: © Puerto Madero Editorial Académica
CUIL: 20630333971
Calle 45 N491 entre 4 y 5
Dirección de Publicaciones Científicas Puerto Madero Editorial
Académica
La Plata, Buenos Aires, Argentina
Teléfono: +54 9 221 314 5902
+54 9 221 531 5142
Código Postal: AR1900

Este libro se sometió a arbitraje bajo el sistema de doble ciego (peer review)

Corrección y diseño:

Puerto Madero Editorial Académica
Diseñador Gráfico: José Luis Santillán Lima

Diseño, Montaje y Producción Editorial:

Puerto Madero Editorial Académica
Diseñador Gráfico: Santillán Lima, José Luis

Director del equipo editorial: Santillán Lima, Juan Carlos

Editor: Santillán Lima, Juan Carlos
Santillán Lima, Guido Patricio

Hecho en Argentina
Made in Argentina

AUTORES:

Alex Estuardo Erazo Lara

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Sede Morona Santiago, Carrera de Zootecnia.
Don Bosco y José Pintado, (ECU.140101), Macas, Morona Santiago, Ecuador.

alex.erazol@espoch.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0003-4069-9269>

Luis Alfonso Condo Plaza

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Sede Morona Santiago, Carrera de Zootecnia.
Don Bosco y José Pintado, (ECU.140101), Macas, Morona Santiago, Ecuador.

luis.condop@espoch.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0001-9625-9620>

Blanca Alexandra Oñate Bastidas

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Sede Morona Santiago. Don Bosco y José
Pintado, (ECU.140101), Macas, Morona Santiago, Ecuador.

Blanca.oniate@espoch.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0002-3454-9945>

Pablo Israel Alvarez Romero

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Carrera de Agronomía. Riobamba. Ecuador.

Pabloi.romero@espoch.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0003-0743-5210>

CONTENIDO

CONTENIDO	xi
GENERALIDADES	xv
CAPITULO I	1
1 CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DE LA TUNA	1
1.1 Variedades de tuna	2
1.1.1 Tuna Blanca	2
1.1.2 Tuna roja	3
1.1.3 Xoconostle	4
1.1.4 Pitahaya o Pitajaya	4
1.1.5 Copao	5
1.1.6 Garambullo	6
1.2 Clasificación taxonómica	6
1.3 Característica botánica	7
1.3.1 Raíz	7
1.3.2 Tallos	8
1.3.3 Hojas	10
1.3.4 Flores	12
1.3.5 Fruto	14
1.3.6 Semillas	18
1.3.7 Composición nutricional del fruto de tuna	20
1.3.8 Importancia del fruto de tuna en la nutrición humana	21
1.4 Utilización de la Tuna de forma integral	23
1.5 Fruta fresca	25
1.5.1 Nopal deshidratado y confite	25
1.5.2 Uso del Nopal en productos alimenticios	26
CAPITULO II	27
2 LABORES PRECULTURALES Y CULTURALES DEL CULTIVO DE TUNA	27
2.1 Propagación y establecimiento de la tuna	27
2.1.1 Propagación por semillas	27
2.1.2 Propagación vegetativa	28
2.1.3 Propagar nopales asexualmente	29
2.2 Establecimiento del cultivo de tuna	32
2.3 Preparación de terreno	32
2.4 Plantación	38
2.4.1 Establecimiento del cultivo	39
2.4.2 Época de plantación	40
2.5 Riego	42
2.6 Cosecha	43
2.7 Factores que afectan la producción	43
2.8 Producción	44
2.9 Manejo postcosecha	45
2.10 Transporte	45
2.11 Importancia del nopal	46

CAPITULO III.....	47
3 PLAGAS Y ENFERMEDADES	47
3.1 Plagas.....	48
3.2 Otro tipo de plagas.....	59
3.3 Enfermedades	60
3.3.1 Tipos de enfermedades	61
3.3.2 Control de enfermedades	64
CAPITULO IV.....	66
4 LA COCHINILLA	66
4.1 Clasificación taxonómica de la cochinilla	69
4.2 Utilización de la Cochinilla.....	69
4.3 Hábitat de la Cochinilla	70
4.4 Alimentación de la cochinilla	71
4.5 Reproducción de la cochinilla.....	73
4.6 Descripción morfológica.....	73
4.6.1 Huevo	73
4.6.2 Ninfa I	73
4.6.3 Ninfa II	74
4.6.4 Macho adulto	74
4.6.5 Hembra adulta.....	74
4.7 Ciclo Biológico	75
4.8 Composición química de la cochinilla	77
4.9 Producción de cochinilla	78
CAPITULO V.....	80
5 EL CARMÍN Y LA INDUSTRIA ALIMENTARIA	80
5.1 Química del ácido carmínico	82
5.1.1 Acetilación	82
5.2 Calidad del carmin de cochinilla.....	85
5.3 Utilización de ácido carmínico en la industria.....	87
5.3.1 Características del ácido carmínico:	88
CAPITULO VI.....	90
6 RESUMEN DE DIFERENTES INVESTIGACIONES.....	90
6.1 Investigaciones realizadas en Nopal	90
6.2 Investigaciones en Cochinilla	116
6.3 Investigaciones con ácido carmínico.....	122
BIBLIOGRAFÍA	123
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	140
AUTORES:.....	147
Alex Estuardo Erazo Lara	147
Luis Alfonso Condo Plaza	148
Blanca Alexandra Oñate Bastidas.....	149
Pablo Israel Álvarez Romero	150

GENERALIDADES

La *Opuntia ficus-indica* al considerarse importante agronómicamente a nivel mundial, se debe a los frutos y a la utilización de los cladodios que son usados como forraje para consumo humano en estado tierno (Alba Suaste Dzul. 2012; Casas y Barbera, 2002). El cultivo y uso del nopal data de épocas prehistóricas, antes que los españoles llegaran América. Los nativos americanos fueron los primeros en reportar la importancia de la planta y su fruto, esta especie inicialmente fue trasladada a España como planta ornamental (Casas y Barbera, 2002). Esto quizá sucedió luego del primer y/o segundo viaje de Colón a las islas del Caribe, aunque en el primer reporte se encuentra registrado en México en 1515 (Kiesling, R. 1999b).

La *Opuntia ficus-indica* (L) pertenece a la familia de las cactáceas, subfamilia Opuntioideae, se ha identificado 360 especies del género *Opuntia* que se han distribuido en el continente americano (Rodríguez, F. A. and Villegas, O. M. 1997), se una especie vegetal de importancia en el sistema agroforestal y silvopastoril. La tuna se encuentra distribuida en Latinoamérica determinándose sus mayores producciones en México y Perú, principalmente por disponer de grandes latitudes de suelos pobres en recursos hídricos y arenosos donde las condiciones ambientales son adecuadas para su establecimiento y producción, su predominancia en el Perú es la variedad de pulpa blanca (Rodríguez, F. A. 2002).

La tuna o nopal se considera un vegetal de clima tropical, se observa que crece desde el norte de EE.UU. hasta la Patagonia y es utilizada en la gastronomía mexicana, de esta planta se emplean los tallos en ensaladas y su fruto se puede disfrutar del sabor cuando es fresca o en diversos platos, como ensaladas, sopas, platos de fondo y hasta en sándwiches, existen variedades de tunas tales como: las rojas, anaranjadas y verdes las mismas que pueden ser consumidas enteras, en jugos o en la preparación de cualquier plato gastronómico según la OMS recomienda su consumo de esta fruta por brindar grandes beneficios para la salud, puesto que desde la antigüedad han utilizado los aztecas para curar y cicatrizar heridas y para bajar la fiebre entre otros casos (Rodríguez, F. A. and Cantwell, M. 1988).

La propiedad antioxidante y desintoxicante del nopal ayuda a neutralizar los radicales libres, que provocan envejecimiento celular a nivel de piel, además reduce y desecha las sustancias tóxicas del organismo (Rivera, J. 2015).

A la fruta se le considera una aliada perfecta para combatir el colesterol malo. Las semillas ayudan a reducir los problemas de estreñimiento por su alto contenido de potasio. Además, combate la gastritis, la acidez estomacal y la úlcera gástrica (Rivera, J. 2015).

La tuna se caracteriza por poseer un alcaloide denominado Cantina, que permite reducir problemas al corazón, controla los niveles de azúcar en la sangre, por disponer en su estructura un 80% de agua favorece al organismo para reducir el peso excesivo. Debido al contenido de fibra, reduce el apetito, otra de las particularidades es que provoca una sensación de saciedad que proporciona la reducción de consumo de alimento, además ayuda a mantener los riñones funcionales mejorando la circulación de orina y regula la digestión (Ramayo, R. L.; Saucedo, V. C. y Lakshminarayana, S. 1978).

Los frutos se consumen en forma natural por los pobladores locales y son comercializados en los mercados aledaños a su producción. A partir de la fruta se obtiene productos derivados tales como las mermeladas y bebidas, los tallos se utilizan como forraje del ganado vacuno, en épocas de sequía, además con estas plantas se construyen cercas vivas y cuando la planta se seca o se muere, con sus residuos se elaboran abonos orgánicos.

Con frecuencia la tuna se utiliza como hospedera y crianza de la cochinilla (*Dactylopius coccus Costa*), la misma que en su interior produce ácido carmínico que es utilizado como pigmento natural en la industria de alimentos, textil y farmacia. El Perú es el primer productor de ácido carmínico a nivel mundial, que aporta entre el 85 y el 90 % de la demanda internacional, esto se debe gracias a la actividad productiva de recolección de forma artesanal de este tipo de insecto en la zona de Ayacucho, aunque en el Ecuador en la actualidad está en proceso de investigación.

El consumo del fruto del nopal viene creciendo constantemente a nivel mundial por sus características nutricionales, sensoriales como el aroma y sabor de la especie, siendo importante el consumo de frutos y hojas por sus propiedades antioxidantes y el potencial reconocido por la FAO en el desarrollo de las regiones desérticas y semi desérticas de los países en desarrollo.

El cultivo del nopal en Latinoamérica, principalmente en el Perú se constituye una actividad de orden prioritario en la región de la sierra, y en los últimos 20 años el interés en los agricultores a nivel del mar ha incrementado. En la región interandina, la mayor proporción de cultivos de nopal permite obtener volúmenes de fruta de tuna así como la producción de cochinilla, mientras que en la región tropical se desarrolla un tipo de

explotación, ya sea Fruta o cochinilla. Demostrándose que en 1994 se cultivaron una superficie de 7237 ha de tuna con una producción de 44211 Tn de fruta, que corresponden a los departamentos de Ayacucho, Huancavelica, Arequipa y Lima que cubren más del 80 % de la superficie nacional (Pimienta, E. 1997).

En el Ecuador, al cultivo de tuna, se ha dado poca importancia en los aspectos de producción, industrialización y comercialización (MAG, IICA), sin embargo, se ha considerado dentro de los frutos no tradicionales ocupado el lugar 26, debido a que existe 102 ha de este cultivo, de las cuales se obtiene una producción de 40 Tm con un rendimiento de 400 kg por ha (INEC, 2000).

Según el IICA y el Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador, las superficies cultivadas de tuna en el año 1996 fueron de 34,4 has y en 1997 fue de 84 has, demostrando un incremento de este cultivo hasta el año 2000 que registró 129,8 has y desde este año ha decrecido hasta el año 2005 que se registró 57,5 has. En el año 2018 se encuentra una superficie cultivada de alrededor de 180 has, aunque no es sustentada mediante un estudio técnico.

Las variedades de tuna que se han establecido con mayor frecuencia en el Ecuador son: la blanca, la amarilla y la roja, las mismas que están cultivadas en el callejón interandino y en algunos lugares de la costa.

La tuna en el Cantón Guano se cultiva en las comunidades: Hela, Santa Rosa de Guano, Miraflores, Carretera Ambato, Chingazo Alto, Chingazo Bajo, Alacao, San Roque, San José de Chocón, Pungal San Pedro y San José de Guntuz; su producción se comercializa en el mercado mayorista y mercado oriental de la ciudad de Riobamba.

CAPITULO I

1 CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DE LA TUNA

El *Opuntia ficus-indica* cultivado en la actualidad ha tomado una forma incluso sin espinas siendo común en la agricultura, esto es fruto del resultado de un proceso largo de selección que no existe en las nopaleras en estado silvestres. Bravo, Hollis, y Sánchez Mejorada (1991) menciona que la domesticación del nopal inició aproximadamente 8000 años. Reyes Agüero et al., (2005) en cambio sostiene que la domesticación del cultivo se dio lugar en la Altiplanicie de México.

Por otro lado, se señala que a partir de las referencias arqueológicas los nopales fueron usados hace 8000 años, no pueden ser asociados con *Opuntia ficus-indica*. Mientras que Callen (1965) al analizar los hábitos alimenticios de la población mexicana precolombina encontró restos de epidermis de nopal en coprolitos depositados en el piso de cuevas, por lo que se puede aducir que el consumo de nopal fue común hace miles de años, por lo menos 5200 A.C. Casas y Barbera (2002) señala que se encontraron restos arqueológicos de nopales en las cuevas de la fase Ajuereado en estudios desde hace 14000 - 8000 A.C.

Se debe señalar que se han encontrado varias taxonomías como los ancestros putativos de *Opuntia ficus-indica* entre los más representativos al *Opuntia megacantha* Salm-Dyck y *Opuntia streptacantha* Lemaire. Estos primitivos y varios taxa y nombres permiten confundir frecuentemente debido a las descripciones enigmáticas por lo que hace falta de tipos (Leuemberger, 1988). Por otro lado, Griffiths (1914) considera a la *Opuntia megacantha* SalmDyck como una forma silvestre espinosa de nopales cultivados a partir de la *Opuntia ficus-indica*, de esta manera la *Opuntia ficus-indica* fue corroborado con estudios moleculares (Griffith, 2004).

La explicación más factible es que existió un ancestro común. Con las dos variedades se consigue la hibridación natural y entrecruzamiento múltiple y esporádico. Paulsen, B. S.; and Lund, S. P. (1979) determina que la *Opuntia megacantha* como un taxón es cultivado y considerada como un sinónimo de la *Opuntia ficus-indica* en su “forma espinosa” y descarta la categoría de variedad. Otros investigadores (Nerd, A.; Dumotier, M. and Mizrahi, Y. 1997) concuerdan con el razonamiento. De acuerdo con Kiesling (1999 a) y la *Opuntia megacantha* se considera la reversión hacia plantas espinosas de la *Opuntia ficus-indica* sin espinas.

Uno de los pocos autores citan que la *Opuntia ficus-indica* sin espinas es Bravo Hollis (1978), quien se basó en características morfológicas para su determinación, aunque se contradice. Así mismo se enlista seis (6) variedades, las cuales corresponden al concepto de cultivos basados en los caracteres del fruto. Muñoz, C. (2016) en cambio acepta únicamente tres especies separadas como la *Opuntia ficus-indica*, *Opuntia streptacantha* y la *Opuntia amychlaea*, además se considera a la *Opuntia ficus-indica* como la variedad que origina a partir de la *Opuntia streptacantha* y se mantiene separada en un rango por razones prácticas (L. Scheinvar pers. comm.).

Las variedades *Streptacanthae* y *Ficus-indicae* (Medina, T. L.; Brito, De la F. E.; Torrestiana, S. B. and Alonso, S. 2003) determinan que corresponde a las variaciones de tipo morfológicas menor a la *Opuntia megacantha*.

La determinación del número cromosómico es útil en la taxonomía de los vegetales. El número cromosómico del opuntia en la familia Cactáceae es 11, y el numero en las células somáticas es $2n=22$.

La subfamilia Opuntioidea es de 64.3 % de los taxa y se considera poliploides (Pinkava et al., 1985), estudios de cariotipo demuestran a parientes putativos de la *Opuntia ficus-indica* con tetra, hexa u octoploide, en los parientes de *Opuntia ficus-indica* que corresponden a la espinosa de *Opuntia megacantha* donde $n=44$ (McGarvie, D. and Parolis, H. 1981); la *Opuntia streptacantha* (Pinkava y Parfitt, 1982); *Opuntia streptacantha* $2n=88$ (Palomino y Heras, 2001), la *Opuntia amychlaea* y la *Opuntia megacantha* $2n=88$ (Matsuhiro, B.; Lillo, L.; Saenz, C.; Urzu, Carlos and Zarate, O. 2005); la *Opuntia polyacantha* que posee $2n=44$, 66 (Martínez, A. 2012).

De la misma manera se han reportado octoploides ($2n=88$) para otros taxa de la serie *Streptacanthae* (Segura et al., 2007; Majure et al., 2012a). La poliploidia es favorecida por la hibridación. La hibridación natural determina al género *Opuntia* que ha sido probada por diversos estudios (McGarvie, D. and Parolis, H. 1981) y otra manera la hibridación en un cultivo es común.

1.1 Variedades de tuna

1.1.1 Tuna Blanca

La tuna Variedad Blanca es la más famosa en México. Se produce en todo el centro y norte de México y se produce en las nopaleras maduras en los meses de abril a octubre.

Su alto contenido de agua humedad previene la deshidratación lo que permite regular los niveles de azúcar en la sangre en la población que consume, Se emplea para hacer bebidas por su característica se consume fresca con limón y chile piquín.



Figura 01. Tuna variedad blanca.

1.1.2 Tuna roja

La tuna roja es un pariente cercano de la blanca, esta variedad produce **betalaínas**, considerado pigmento antioxidante que da el color morado intenso al fruto. La forma de este fruto es **ovoide**, existe una variedad esférica en lugares de México y se conocen como **pitahaya**.



Figura 02. Tuna variedad roja.

La tuna roja tiene una alta **concentración de fructosa**, por lo que es **más dulce en relación con la tuna blanca**. Estas tunas ayudan a regular el funcionamiento del sistema nervioso, por lo que se considera preventiva para controlar las enfermedades cardíacas o del corazón.

El color brillante del fruto permite una buena decoración de platos. En la actualidad del mundo contemporáneo la tuna roja lo utilizan en la **coctelería** en mezcla con tequila y/o bebidas alcohólicas. Se puede comer sola con chile y limón.

1.1.3 Xoconostle

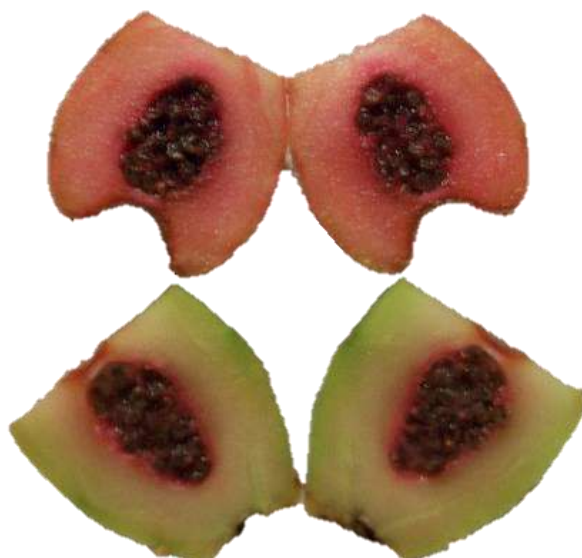


Figura 03. Pulpa de Xoconostle.

La tuna xoconostle es la tuna que está **disponible todo el año** es un ingrediente más socorrido para elaborar del famoso **mole de olla**. En Guanajuato es muy común para la elaboración de mermeladas y salsas, y en el municipio de Pénjamo se conoce por su **caldo de xoconostle**.

La variedad **ácida** en comparación con las diversas frutas de nopal es de carácter popular. Su color blanco en el contorno y rojo en la parte central hace que todas las semillas sean concentradas.

La acidez del xoconostle en épocas prehispánicas hizo que el fruto se utilice como **conservador de alimentos**. Hoy se utiliza para determinar el punto neutro donde haya equilibrio a salsas y guisos salados.

1.1.4 Pitahaya o Pitajaya

La pitahaya según la región es conocida por diferentes formas, la fruta es la misma. Es unas especies más bonita por la cáscara roja u amarilla cuya pulpa es blanca o roja.

Tiene un sabor dulce con semillas pequeñas. Se consume sola, aunque puede utilizar en licuados matutino para dar un toque dulce.



Figura 04. Pulpa de pitahaya.

1.1.5 Copao



Figura 05. Fruto de Copao.

El Copao es una fruta de las poco comunes en México. Se produce en las zonas áridas de **Chile**; es de forma redonda con un color es verde intenso.

Posee un alto contenido de potasio y vitamina C, contiene altos porcentajes de agua y azúcares, por lo que tiene una **sensación de saciedad, hidrata y es de fácil digestión**. Este fruto se encuentra más en **mermeladas, jaleas o en jugo**.

1.1.6 Garambullo

El garambullo es la tuna más pequeña. es **protagonista en la cocina del Bajío** y su temporada de producción es abril y junio. El cultivo es silvestre por lo que el consumo se considera estacional.

El sabor dulce y ácido de garambullo es popular para hacer refrescos, nieves o preparar jaleas con él. Es alto contenido de antioxidantes, vitamina C y fibra insoluble hace que funcione como dieta para controlar el peso.



Figura 06. Garambullo.

1.2 Clasificación taxonómica

El primer nombre científico del *Cactus ficus-indica* L. El nombre ficus-indica había sido utilizado en "frases diagnósticas" mucho antes de Linneo, para designar varias especies.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Caryophyllales
Familia	Cactaceae
Subfamilia	Opuntioideae
Género	Opuntia
Subgénero	Opuntia
Especie	O. ficus-indica

Nombres comunes

- *Cactus chinensis* Roxb.
- *Cactus compressus* (DC.) Kuntze ex Salisb.
- *Cactus elongatus* Willd.
- *Cactus ficus-indica* L. (basónimo)
- *Cactus opuntia* (L.) Guss.
- *Opuntia amyclaea* Ten.
- *Opuntia arcei* Cárdenas
- *Opuntia chinensis* (Roxb.) K.Koch
- *Opuntia compressa* (Salisb.) J.F.Macbr.
- *Opuntia cordobensis* (Speg.)
- *Opuntia maxima* (Mill.) Salm-Dyck ex DC.
- *Opuntia paraguayensis* K.Schum.
- *Opuntia tuna-blanca* Speg.
- *Opuntia vulgaris* (Mill.) Gibbes
- *Opuntia vulgaris* Mill.
- *Platyopuntia cordobensis* (Speg.) F.Ritter
- *Platyopuntia vulgaris* (Mill.) F.Ritter
- var. *decumana* (Haw.) Speg.
- *Cactus decumanus* Willd.
- *Opuntia decumana* (Willd.) Haw.
- var. *gymnocarpa* (F.A.C.Weber) Speg.
- *Opuntia gymnocarpa* F.A.C. Weber1

1.3 Característica botánica

1.3.1 Raíz

El sistema radicular es extenso, ramificado, posee abundantes raíces finas absorbentes y superficiales, en zonas arenosas áridas de poca pluviosidad. La longitud de las raíces está relacionada con la disponibilidad de agua y relativamente con el manejo cultural, especialmente si se dispone de riego y fertilización. Las raíces del nopal se caracterizan por ser fibrosas, que no profundizan y de rápido crecimiento.

A la raíz se le considera el órgano de los vegetales superiores, que tiene como función mecánica de fijar en el suelo, este órgano de la planta absorbe el agua y sales minerales disueltas que son necesarias para su alimento.

La raíz estructuralmente está formada por el cuello que se sitúa a nivel de la superficie del suelo, hace que se separe entre el tallo de la raíz. La raíz principal más conocida como cuerpo ubicado en la parte subterránea de la que brotan las raíces secundarias. Los pelos absorbentes es el lugar por donde ingresa el agua con las sustancias

disueltas conocidas como minerales que sirven de alimento de la planta gracias a la presión osmótica. La cofia es la parte terminal cuya característica es proteger la zona de crecimiento de la raíz además tiene una forma de casquete (Rivera, J. 2015).

La función de la raíz es la absorción del agua y sales minerales del suelo a la parte superior de la planta, fijar a la planta en el suelo, Conducir el agua y las sales minerales desde el suelo a todas las partes de la planta. Reservar y/o almacenar alimento en forma de almidón, lípidos, proteínas (Rivera, J. 2015).



Figura 07. Raíz del nopal.

1.3.2 Tallos

El tallo se ubica en la parte aérea de la planta, entre sus funciones tiene ser el soporte y estructura de esta; sostiene los otros órganos vegetales aéreos tales como las hojas las flores y frutos. Otra de las características es presentar geotropismo negativo o crecer en sentido opuesto a la gravedad del suelo (Rivera, J. 2015).

Los tallos del nopal son suculentos además articulados o cladodios ya lignificados, comúnmente se conoce como pencas, el tallo presenta en forma de raqueta ovoide o alargada que alcanza hasta 60- 70 cm de longitud, esto depende de la cantidad de agua y nutrientes que se disponga en el suelo cultivado (Sudzuki et al., 1993). Cuando el tallo mide de 10-12 cm se considera tierno y se puede consumir como verdura. Los tallos se van lignificando conforme pasa el tiempo y se transforman en tallos verdaderos y leñosos, un tanto agrietados y de color ocre blancuzco.

Una de las funciones importantes del tallo es transportar nutrientes y sustancias disueltas, desde las raíces se transporta nutrientes conocida como savia bruta, y se transporta hacia las hojas por los conductos, lugar donde se absorbe el dióxido de carbono y da la posibilidad de transformar en savia elaborada que se considera el sustento de la planta (Villegas y de Gante, M. 1997).

Las funciones del tallo son fundamentales para su desarrollo, se encuentran asociadas para el transporte de agua y nutrientes. El soporte estructural de los tallos tiene

el propósito hacer que se mantengan las flores, hojas y frutos en un lugar y evitar que se caigan (Reyes-Agüero et al, 2006).

El tallo cuenta con un sistema de tejido vascular que permite la conexión con las diferentes partes de las plantas, cuya finalidad es permitir el flujo de sustancias desde y hacia las raíces, hojas, flores, frutos y por supuesto, a través del propio tallo. Es necesario señalar que los tallos cuentan con una asociación íntima entre las hojas (Castro Juan, Paredes César y Muñoz Dasio, 2009).

La tuna y/o nopal es un vegetal arborescente que alcanza una altura de 3 a 5 m de alto, su tronco es leñoso y mide de entre 20 a 50 cm de diámetro. Existen variedades como en el Perú que desarrollan tamaños de 1,5 a 2,00 m. A diferencia de otras especies de cactáceas, el tallo del nopal está conformado por un tronco y ramas aplanadas que posee una cutícula gruesa de color verde de función fotosintética y de una buena capacidad de almacenamiento de agua en los tejidos (Castro Juan, Paredes César y Muñoz Dasio, 2009).

El tallo está conformado por ramas aplanadas denominadas “cladodios”; en los cuales las se ubican yemas reticularmente en concavidades denominadas “aréolas”, en las que se encuentra pequeñas espinitas denominadas “gloquidios” y espinas de tamaño variable que pueden superar los 5 cm, las que pueden ser temporales o perennes. Durante los primeros días de vida del cladodio se pueden observar las hojas en las aréolas (Ricardo David Valdez Cepeda, 2003).

Los cladodios se conocen popularmente como "pencas" que están ubicadas en forma escalonada conformando los denominados "pisos" que se describen a continuación (Flores-Flores, V., and A. Tekelenburg. 1995):

Ultimo Piso: El último piso corresponde a las pencas de la última brotación donde se observa las hojas, la floración y frutos del nopal.

Penúltimo Piso: el penúltimo piso está conformado por la brotación anterior, que se caracteriza por presentar brotes y flores en la época de floración, en donde las pencas de este piso son adecuadas para la valoración morfométrica de los cultivos y el desarrollo de la cochinilla. Las pencas de este piso son denominadas “subterminales”.

Antepenúltimo Piso: En este piso las pencas contienen brotes, y frecuentemente se puede encontrar flores y frutos y es posible lograr una carga aceptable de cochinilla para la producción de ácido carmínico.

Trasantepenúltimo Piso: Las pencas de este piso presentan brotes; generalmente no presentan flores ni muestran cargas de cochinilla por su dureza en su estructura o a su vez está el tallo bien lignificado.

Tronco: El tronco está formado por las pencas que forman la estructura basal de la planta; muy rara vez presenta brotes y en algunos casos tienen forma cilíndrica, estas pencas han perdido el color original y presentan una corteza gruesa provista de espinas largas y numerosas incluso en los cultivares sin espinas.



Figura 08. Tallo de nopal.

1.3.3 Hojas

La hoja está formada por las siguientes partes: limbo, peciolo, vaina, limbo estípula, haz, envés, nervios o nervaduras y borde (Aguilar, S. L. et al. 2007).

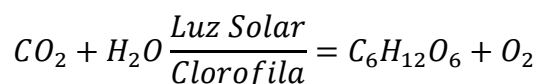
El limbo más conocido como lámina, se denomina comúnmente hoja. Hace referencia a plana y ancha o larga de la hoja que está expuesta a la luz solar. Posee dos caras conocidas como el haz parte superior y el envés a la parte inferior. El haz es lisa y brillante y tiene mayor claridad las nervaduras (Blanco, M. F. et al. 2002).

El peciolo esta unido al limbo, se observa una estructura delgada con un color intenso, la función es suministrar savia a la hoja, además de sujetar al limbo contra los elementos.

La vaina es la base del peciolo, es el punto que se ensancha para unirse y adaptarse en el tallo, es el punto que empieza a crecer la hoja.

La estípula crece hacia los lados del peciolo ubicada en la base de la hoja. No todas las plantas tienen estípulas, estas suelen ser de diversas formas. Su función es proteger los vástagos y hojas jóvenes.

La función principal de la hoja es la fotosíntesis. Debido a que los cloroplastos propician el color verde de la planta por clorofila, la planta es capaz de producir azúcares a partir de la energía solar y la absorción de dióxido de carbono del medio ambiente.



La fotosíntesis es un proceso que consiste en que los cloroplastos se encuentran los pigmentos y estos son capaces de captar y absorber la energía luminosa de la radiación solar. Estos pigmentos conocidos como: clorofila (verde), xantofila (amarillo) y carotenoides (anaranjados) son responsables de los procesos anabólicos importantes en la naturaleza (Flores, V. C. 2003).

A la fotosíntesis se considera como la fuente de la vida en la mayor parte de los seres vivos, estos proporcionan energía indispensable en los diferentes procesos vitales, además esta fotosíntesis es capaz de producir la mayor parte del oxígeno en la atmósfera, la misma que se realiza en dos fases: Fase luminosa donde se transforma la energía luminosa en química la misma que es utilizada por todos los seres vivos. Desde este punto de vista, los vegetales como la tuna se considera el único eslabón productor de la cadena trófica (Betancourt, D. M. A.; Hernández, P. P.; García, S. A.; Cruz, H. F. and Paredes, L. O. 2006).

La fase de fotosíntesis depende de la luz que reciben los cloroplastos de la células vegetales y que son captados a través de la clorofila, y esta energía luminosa hace que se obtenga el Oxígeno a partir del agua y el Hidrogeno se libera, de esta manera se genera dos moléculas de oxígeno gracias al movimiento de sus electrones de un nivel a otro generando la liberación de energía para producir la molécula ATP y el poder reductor que la molécula NADPH₂ aporta a la siguiente fase de energía química para la respectiva transformación en CO₂ en Hidratos de carbono (Betancourt, D. M. A.; Hernández, P. P.; García, S. A.; Cruz, H. F. and Paredes, L. O. 2006).

Por otro lado, a la fotosíntesis se considera vital para la planta y la conformación de la vida en el planeta Tierra. La fotosíntesis permite que la atmósfera enriqueciera de

oxígeno y se creara la capa de ozono y sea posible la vida terrestre (Trachtenberg, S. and Mayer, A. M. 1981).

La planta se nutre gracias al proceso que la planta utiliza la energía solar para transformar la savia bruta en savia elaborada que está cargada de nutrientes y se distribuyen en la planta.

Otra función importante de las hojas es la respiración. Que consiste en absorber el dióxido de carbono y exhalando oxígeno a la atmósfera. La respiración se produce por las estomas de la hoja (SAGARPA, 2016).

La transpiración es otra de las funciones de la hoja que consiste en abrir las estomas para liberar agua y que se produzca la evaporación, eliminando así el exceso de agua y permitiendo la regulación hídrica de la planta.

Las hojas del nopal son pequeñas, que miden 10 mm, su forma se caracteriza por ser cónica, un ápice tiene una forma aguda y se ubica en las aréolas de los “botones” tanto vegetativos como florales; generalmente se secan y caen.

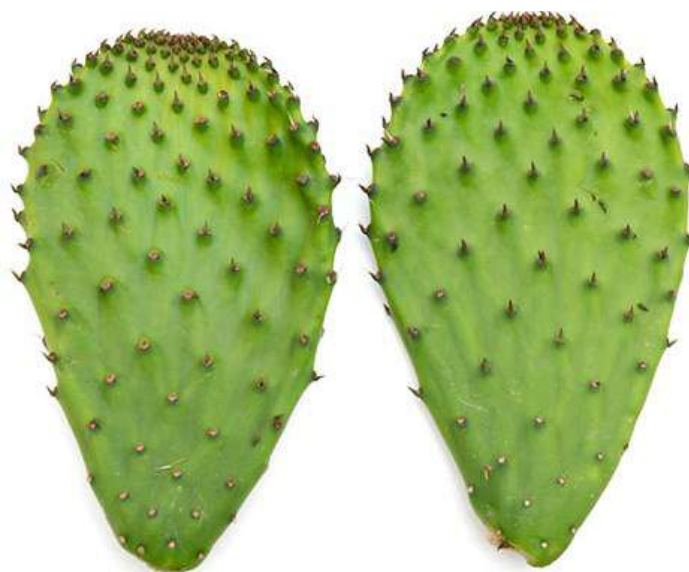


Figura 08. Hoja de nopal.

1.3.4 Flores

La flor cumple con la función reproductora que está formada por antofilos (pétalos y sépalos) especializados en cumplir varias funciones, como la formación de gametos, producción de frutos y semillas, polinización y estructuras de protección (Cantwell, M. 1999).

Las flores de del nopal son sésiles, hermafroditas y solitarias, normalmente se desarrollan en el borde superior de los cladodios. El color de la flor varía: pudiendo encontrarse rojas, amarillas, blancas. En la mayor parte de los cultivos realizados en el

mundo se observa que el nopal florece una vez al año; sin embargo, bajo condiciones de fertilización adecuada y suministro del recurso vital (agua) en el periodo de verano, se observa una segunda floración en el mes de marzo, el mismo que propicia a la llamada fruta «inverniza» (Sudzuki et al., 1993).

El pedúnculo es el rabillo que sostiene a la flor, aunque esta no forma parte de las flores. El receptáculo es el ensanchamiento del pedúnculo lugar donde se insertan los antofilos, de la misma manera que el pedúnculo, no forma parte de las flores (Tavera, C. M. E.; Escamilla, G. P. E.; Alvarado, R. H.; Salinas, C. E. and Galicia, V. S. 2014).

El cáliz forma parte de la flor cuya estructura está formada por las que habitualmente son de color verdes y se llaman sépalos, la función del cáliz es proteger la yema floral.

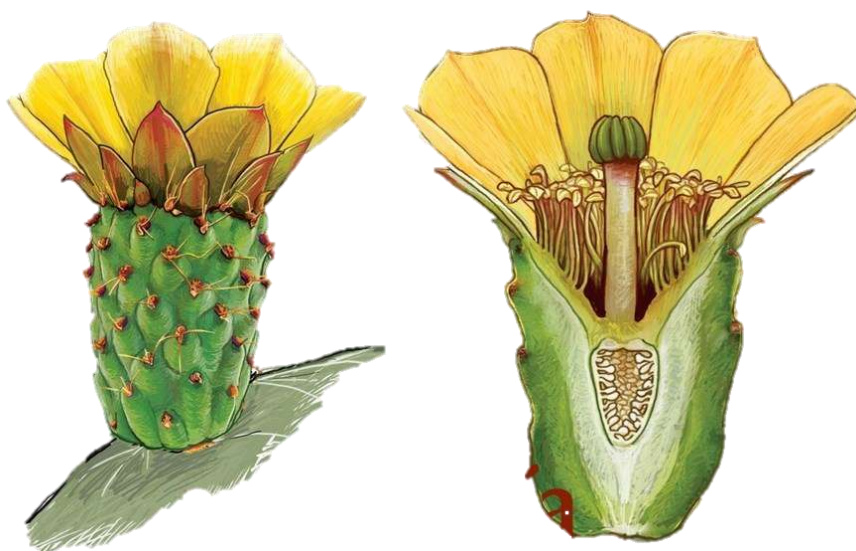


Figura 09. Flor de nopal.

La corola está considerada una estructura de la flor que tiene la forma de hojas. Los pétalos se forman posterior a la de los sépalos y cuya función es de polinizar, usa su forma y atracción de colores (Tavera, C. M. E.; Escamilla, G. P. E.; Alvarado, R. H.; Salinas, C. E. and Galicia, V. S. 2014).

El androceo es la parte de la flor que constituye los órganos reproductores masculinos tales como los estambres que está constituido por el filamento que termina en el extremo con una parte ensancha que forma la antera donde se produce los gametos masculinos (granos de polen) conocidos como microgametofitos (Sudzuki, F.; Muñoz, C. y Berger, H. 1993).

El gineceo es la parte que posee los órganos reproductores femeninos que está formada por el pistilo que forma los carpelos. El carpelo se divide en el ovario lugar

ensanchado donde se encuentra el óvulo, el estilo que es la zona alargada entre el ovario y el estigma. Y, el estigma parte final del estilo que es pegajosa cuya función es capturar los granos de polen (Sudzuki, F.; Muñoz, C. y Berger, H. 1993).

En el nopal, las flores ubican en el borde apical de las pencas subterminales y de 3 pisos; el periantio de esta especie está constituido por hojas florales sepaloideas en el borde externo y, hacia el centro, las flores del nopal son de color amarillo y se tornan anaranjadas posterior a la fecundación de los óvulos en el saco embrionario. El periantio constituye en el nopal tiene una forma de embudo en la base con sus elementos soldados y unidos a los estambres que presentan movimientos sismonásticos. El saco embrionario es ínfero, policarpelar, unilocular con un sólo estilo entre tres a quince estigmas (Sudzuki, F.; Muñoz, C. y Berger, H. 1993).

1.3.5 Fruto



Figura 10. Fruto de nopal.

En las plantas angiospermas, el fruto es el conjunto del ovario maduro y las piezas florales, botánicamente, al fruto se le conoce como al ovario maduro. El término fruto se usa para describir a los frutos suculentos y comestibles, los frutos de matas y arbustos tales como el tomate, melón, y otros pequeños como: la fresa o la frutilla (Sáenz, C. 2006).

En el nopal, el fruto se considera una falsa baya producido en el ovario ínfero simple y carnoso. Se caracteriza por tener una forma y tamaño variable. El color de los frutos es diverso: se encuentra frutos rojos, anaranjados, púrpuras, amarillos y verdes, cuya pulpa presenta los mismos colores. La epidermis del fruto es semejante a la del cladodio, incluso al comparar con las aréolas que posee abundantes gloquidios y espinas,

se diferencia del cladodio porque se observa que persiste aún después de la madurez del fruto. La cáscara del fruto es diferente en cuanto al grosor siendo variable en cantidad de pulpa (Sudzuki, F.; Muñoz, C. y Berger, H. 1993).

El fruto se forma posterior a la fecundación del óvulo, aunque en diversas plantas, como los cítricos que carecen de semilla que se producen sin necesidad de la fecundación; este fenómeno particular se conoce como **partenocarpia**. En todo caso, la maduración del ovario causa marchitamiento de los estigmas y anteras, además del agrandamiento del ovario. Y los óvulos presentes en el interior del ovario fecundado se desarrollan para formar la semilla (Sudzuki, F.; Muñoz, C. y Berger, H. 1993).

En especies partenocarpas no se desarrollan, manteniendo los óvulos de un tamaño original cuya función es proteger las semillas durante el desarrollo.

El fruto está formado por la parte externa (epicarpio) que se caracteriza por ser una simple película epidérmica conforme la especie de vegetal; lisa o con pelo, espinas, recubierto de cera. Esta proviene de la capa externa del ovario y es originada por la epidermis (Sudzuki, F.; Muñoz, C. y Berger, H. 1993).

El grosor de la capa media (mesocarpio) y la interna (endocarpio) es variable, dentro de una misma especie, una de las capas se presenta más gruesa y otras delgadas. En los frutos carnosos la pulpa corresponde al mesocarpio, como el durazno la tuna. El mesocarpio corresponde a la capa media del ovario, originada por el mesófilo de la hoja carpelar, el endocarpio proviene de la capa interna del ovario, origina la epidermis superior de la hoja carpelar. La semilla, dispuestas dentro del pericarpio constituyen la totalidad de la porción comestible (Tavera, C. M. E.; Escamilla, G. P. E.; Alvarado, R. H.; Salinas, C. E. and Galicia, V. S. 2014).

Hay frutos maduros son cerrados y las semillas se encuentran en el interior, estos son los indehiscentes como el caso del nopal. Por lo que, para que la semilla libere dentro del fruto y se ponga en contacto con la tierra y germine, éste caer al suelo y se descompone, si es carnoso, puede ser ingerido por una especie animal y las semillas pasarán por el tracto digestivo para ser eliminadas con las heces particularidad que se conoce como tratamiento pre-germinativo (Tavera, C. M. E.; Escamilla, G. P. E.; Alvarado, R. H.; Salinas, C. E. and Galicia, V. S. 2014).

En cambio, otros frutos se abren y expulsan las semillas al madurar, normalmente los frutos se abren en los lugares donde se caen los carpelos. Esta dehiscencia puede ser de varias maneras: longitudinal; transversal o cuando se abren para liberar la semilla

(eucalipto), cuando las semillas se desprenden de los agujeros, la dispersión de las semillas depende de los factores aledaños a la semilla y de la acción del viento y el agua que pueden ayudar a transportar las semillas (Tavera, C. M. E.; Escamilla, G. P. E.; Alvarado, R. H.; Salinas, C. E. and Galicia, V. S. 2014).

El fruto es una sustancia carnosa puede tener diferentes formas que va desde la esférica, cilíndrica o piriforme; en su parte extrema puede presentar una forma apical con una depresión que se le denomina “ombligo” y de profundidad variable: los frutos son piriformes y menos esféricos. La cáscara y pulpa del fruto maduro puede tomar diferente coloración que va desde verde, naranja, roja o morada, y medir hasta 15 cm de largo y 150 g de peso, la pulpa está constituida por el 55 % y la cáscara 45 %. El fruto puede contener de 80 a 250 semillas (Tavera, C. M. E.; Escamilla, G. P. E.; Alvarado, R. H.; Salinas, C. E. and Galicia, V. S. 2014).

Tabla 01.

Características de la tuna variedad: blanca, Roja y amarilla en el cantón Guano.

Variables	Variedades de tuna						Prob.	E. E.
	Amarilla		Blanca		Roja			
Largo (mm)	69,90	5,84 a	61,40	5,86 b	70,23	9,87 a	0,00	0,00
Ancho (mm)	43,65	4,16 a	29,20	4,05 b	47,56	10,49 a	0,00	0,00
Peso (g)	84,56	8,46 a	87,01	8,89 a	87,19	20,01 a	0,75	0,00
Cantidad de	354,05	72,47 a	338,63	46,25 ab	299,95	73,46 b	0,05	0,00
Pericarpio (n	6,40	2,11 a	5,85	0,88 b	3,52	2,55 a	0,00	0,00
Mesocarpio (	12,40	4,19 a	15,60	5,18 a	12,60	5,11 a	0,08	0,00
Peso de la cá	45,39	7,25 a	46,99	6,92 a	51,98	13,60 a	0,06	0,00
Largo semilla	2,61	2,92 b	4,85	0,75 a	2,54	0,87 b	0,00	0,00
Ancho semil	4,29	0,65 a	3,40	0,50 b	4,83	1,12 a	0,00	0,00
Peso de las s	26,30	6,25 a	13,58	3,18 b	11,73	2,49 b	0,00	0,00

Letras iguales no difieren significativamente según Tukey ($p < 0,05$).

El largo del fruto de nopal variedad amarilla y roja fue $69,90 \pm 5,84$ y $70,23 \pm 9,87$ cm respectivamente, valores entre los cuales difieren significativamente ($p < 0,01$) de la tuna variedad blanca cuya longitud promedia fue $61,40 \pm 5,86$ mm, esto posiblemente se deba al efecto genético o a la calidad de los suelos en sus componentes nutricionales en los cuales se encuentran establecidos los cultivos de nopal.

En Chile se reporta un promedio en las diferentes variedades de nopal una longitud de 7,44 cm (Espinoza Franco 2017), determinándose que la variedad más alta a la Verde, Salmón, Naranja, Morada y Mexicana al comparar con las encontradas en Guano - Ecuador, mientras que las variedades Gold, Beterraga y Baby son inferiores a las registradas en Guano, pudiendo determinar que esta diferencia puede deberse a las condiciones climáticas y disponibilidad de nutrientes en el suelo, manejo de fertilización en los cultivos, o efecto genético de cada una de las variedades (Sudzuki et al, 1993).

En cuanto al ancho del fruto de nopal, las variedades de tuna amarilla y roja registraron $43,65 \pm 4,16$ y $47,56 \pm 10,49$ mm respectivamente las mismas que difieren significativamente ($p < 0,01$) de la tuna variedad blanca con la cual se registra $29,20 \pm 4,05$ mm, por lo que se señala significa que la variedad blanca en el cantón Guano es la más pequeña, esto quizá se deba a la calidad de los suelos en disponibilidad de nutrientes o a otros factores ambientales puesto que en el sector prácticamente no realizan control sanitario alguno.

Al caracterizar el fruto en las diferentes variedades de tuna en Chile encuentran una anchura promedio de 5,24 cm (Espinoza Franco 2017) siendo superior a las variedades Verde, Salmon, Roja, Naranja, Morada, Mexicana, Gold y Beterraga, mientras que la variedad Baby fue inferior similar a la variedad blanca encontradas en el cantón Guano; por otro lado se debe manifestar que la tuna en Chile tiene una forma más redonda, principalmente la Beterraga puesto que el largo (6,59 cm) tiene una mínima diferencia con relación al ancho (6,16 cm). Esta particularidad se debe al efecto genético (Reyes-Agüero et al, 2006).

El peso del fruto de nopal de las variedades amarilla, blanca y roja fueron $84,56 \pm 8,46$, $87,01 \pm 8,89$ y $87,19 \pm 20,01$ g, valores que no evidencian diferencias significativas ($p > 0,05$) permitiendo manifestar que la longitud y ancho del fruto de nopal no influye en el peso y posiblemente se deba a otros caracteres como la presencia de elementos minerales o disponibilidad de agua en el fruto. En Chile el peso promedio de las diferentes variedades de tuna fue de 121 g (Espinoza Franco 2017), siendo superior a los encontrados en Guano y únicamente la variedad Baby es inferior (31,37 g), debiéndose a la variedad genética y al manejo de fertilización de los cultivos que se encuentran en función de los requerimientos nutricionales de la planta de nopal.

El pericarpio de la cáscara de la tuna de la variedad amarilla fue de $6,40 \pm 2,11$ mm, valor superior que difiere significativamente ($p < 0,01$) de las variedades blanca y roja en las cuales se registraron valores promedios de $5,85 \pm 0,88$ y $3,52 \pm 2,55$ mm, determinándose que la tuna variedad roja tiene un pericarpio fino en relación con la variedad amarilla y blanca, esto posiblemente permite un mayor rendimiento productivo.

En lo relacionado al mesocarpio del fruto de tuna amarilla, blanca y roja se reportaron valores promedios de $12,40 \pm 4,19$, $15,60 \pm 5,18$ y $12,60 \pm 5,11$ mm, los cuales no difieren significativamente ($p > 0,05$) aunque existe una ligera superioridad en la variedad blanca frente a la variedad blanca y roja.

El peso de la cáscara de la tuna variedad amarilla, blanca y roja fue $45,39 \pm 7,25$, $46,99 \pm 6,92$ y $51,98 \pm 13,60$ valores entre los cuales comparten significancia, aunque numéricamente la variedad roja es más pesada, esto quizá se deba a la disponibilidad de contenido de agua en su estructura y otros elementos que absorbe través de las raíces.

1.3.6 Semillas

La semilla es el ovulo fecundado gracias al proceso de polinización. Existen dos tipos de fecundación: la fecundación simple en las plantas Gimnospermas ocurre cuando el anterozoide se une a la oósfera y forma la cigota diploide y que por el proceso de división mitosis se desarrolla el embrión.

Como ocurre con una sólo fecundación, las plantas Gimnospermas ocurren una fecundación Simple.

Mientras que la fecundación doble de las plantas angiospermas ocurre cuando el anterozoide se une a la oósfera y forma la cigota diploide y por el proceso de división de mitosis se desarrolla el embrión.

En cambio, el otro anterozoide se fusiona con la célula de los dos núcleos polares y da origen al tejido triploide denominado endosperma.

Se puede observar que los tegumentos del óvulo se transforman en los tegumentos de la semilla, y en muchas ocasiones el tegumento externo (primina) origina la testa de la semilla y el tegumento interno (secundina) dando origen el tegmen, sin embargo, de manera frecuente solo desarrolla la testa a partir del tegumento externo mientras que el tegumento interno se reabsorbe.

La micrópila del óvulo permanece en el tegumento de la semilla y el resto de nucela persiste, aunque desaparece en la semilla madura. Por lo general la acumulación de sustancias de reserva se producen diferentes tipos de semillas.

Las semillas de la tuna son de cubierta muy dura, tienen forma reniforme irregular con 4 a 6 mm de largo, 3 a 4 mm de ancho y 1,8 a 2,5 mm de espesor. Su peso puede variar entre 20 y 50 mg y su contenido de aceite puede alcanzar hasta 20 %.

Entre las partes de la semilla esta la testa, el tegumento, la cubierta seminal o episperma cuya función es proteger y favorecer a la dispersión; las sustancias de reserva que se encuentra en la semilla tienen una función de alimentar al embrión durante la germinación y el embrión cuya función es formar parte de la nueva planta.

En cuanto al embrión, tiene un cotiledón en contacto con las reservas, su función es disolver y absorber las sustancias almacenadas en el endosperma en el momento de la

germinación. El eje de la plántula está formado por la radícula cubierta por un capuchón, coleoriza, el mesocótilo y la plúmula que está cubierta por el coleóptilo.



Figura 11. Semilla del nopal.

En la tuna variedad amarilla se encontró $354,05 \pm 72,47$ valor que difiere significativamente ($p < 0,05$) de las variedades blanca y roja en las cuales se encuentra $338,63 \pm 46,25$ y $299,95 \pm 73,46$ semillas por fruto, esto quizá se deba a la variabilidad genética. En las diferentes variedades de tuna en Chile se encontró un promedio de 260 semillas por fruto (Espinoza Franco 2017) siendo inferiores a los registrados en el cantón Guano principalmente de la variedad Baby que apenas alcanzó 99 semillas por fruto, como se señala en las diferentes variables, esto quizá se deba a la variabilidad genética de la Tuna.

La mayor longitud de la semilla de tuna fue $4,85 \pm 0,75$ y $4,83 \pm 1,12$ mm que corresponde a la variedad blanca y roja, las cuales difieren significativamente de las variedades amarilla con la cual se registró $4,29 \pm 0,65$ mm, esto quizá se deba a las características que están definidas por las variedades de tuna. En Chile las diferentes variedades de tuna registraron una longitud de la semilla de 3,61 mm (Espinoza Franco 2017), aunque se puede mencionar que las variedades Roja, Naranja Morada y Mexicana son superiores a 4 mm, mientras que las semillas más pequeñas corresponden a las variedades Beterraga y baby las que hacen que el promedio sea bajo.

En ancho de las semillas de la tuna de las variedades amarilla y roja fueron $2,61 \pm 2,92$ y $2,54 \pm 0,87$ mm respectivamente, valores que difieren significativamente ($p < 0,01$) de la variedad blanca con la cual se registró $3,40 \pm 0,50$ mm, esto quizá se deba al efecto genético de las variedades de tuna. En los cultivares de las diferentes variedades de Tuna en Chile se determinó un ancho de tuna de 1,30 mm (Espinoza Franco 2017),

siendo inferior al registrado en el presente estudio, debiendo señalar que no siempre el tamaño de la semilla representa por el tamaño del fruto.

El peso de la semilla de nopal variedad amarilla fue de $26,30 \pm 6,25$ mg valor que difiere significativamente ($p < 0,05$) de las variedades blanca y roja con las cuales se alcanzó $13,58 \pm 3,18$ y $11,73 \pm 2,49$ mg señalándose que la semilla de las tunas variedad amarilla es superior en su peso, esto quizá se deba al efecto genético de la variedad de tuna. Estas semillas tienen un alto poder germinativo, aunque la desventaja es que el crecimiento y desarrollo del nopal es muy lento, razón por la cual únicamente se utiliza una propagación vegetativa (Castro *et al*, 2009).

1.3.7 Composición nutricional del fruto de tuna

La composición química del fruto del nopal se considera importante incluso de las hojas y cladodio puesto que ello se utiliza para la industrialización. Desde este punto de vista, la planta en su estructura total posee amplias posibilidades de consumo iniciando desde el fruto, las flores al igual que los cladodios o nopalitos que se conoce como nopalito o verdura y pueden consumirse como tal (Villegas y de Gante, 1997).

El contenido de calorías de la *Opuntia* va desde 58 – 67 calorías por gramo de fruto y un contenido de agua de 81 – 83 g, en cuanto al contenido de proteína del fruto de tuna esta entre 1,1 a 6,8 % y el contenido de grasa va desde cero (0) a 0,4 g; el contenido de carbohidratos de la tuna va desde 15 a 17 g y la fibra de 1,1 a 3,8 g, en cuanto a la ceniza, calcio, fosforo y hierro poseen un contenido mínimo de 1,0, 28, 33, 0,3 mg y en cuanto a la cantidad de caroteno, tiamina, riboflavina, niacina y ácido ascórbico como máximo poseen 0,1, 0,04, 0,39 y 19 mg valores según el diccionario químico (1959) y Romani, P y Maximo. (1990).

Loayza Daysi (2007) señala que la composición química del cladodio del nopal amarillo en base húmeda presenta un alto contenido de agua, esto se debe a la característica de esta planta; el contenido de proteína en el cladodio registra en promedio 0,94 % siendo relativamente elevada en contraste con los cladodios de un año de edad que poseen en promedio 0,48 %; en cuanto a la fibra conforme va madurando el cladodio el contenido en fibra, la parte interna va formando una red maciza de celulosa; el porcentaje de cenizas incrementa con la edad; por ende incrementa el contenido en minerales; en lo que respecta al contenido de carbohidratos los cladodios son provechosos para suministrar energía para el ser humano. Por otro lado, se puede señalar que el cladodio posee una alta cantidad de vitamina C cuyo promedio es 37,27mg de ácido

ascórbico/100 g en la penca, en contraste con los cladodios de un año que tiene 23,11 mg de ácido ascórbico /100 g de penca.

Tabla 02.

Composición nutricional del fruto de *Opuntia ficus-indica*.

Compuestos	Unidad	Variedad	
		A	B
Calorías	Cal/g	58	67
Agua	G	83	81
Proteína	G	6,8	1,1
Grasa	G	0,0	0,4
Carbohidratos	G	15	17
Fibra	G	3,8	1,1
Cenizas	Mg	1,0	0,5
Calcio	Mg	28	57
Fósforo	Mg	33	32
Hierro	Mg	0,3	1,2
Caroteno	Mg	0,01	0,0
Tiamina	Mg	0,01	0,01
Riboflavina	Mg	0,04	0,02
Niacina	Mg	0,39	0,3
Ácido ascórbico	Mg	19	18

Fuente: Diccionario químico. 1959. Edit. Omega.

1.3.8 Importancia del fruto de tuna en la nutrición humana

En el país de Argentina, se determina que la pulpa del fruto de tuna está constituida por el 85% de agua razón por la cual se caracteriza por ser jugosa y dulce que equivale al 55 % del peso total de la fruta, en cambio la cáscara y semillas constituyen el 45 %. Se considera que el 14 % de sus compuestos nutricionales corresponde a los azúcares, de los cuales la mayoría está formada por glucosa y fructosa (Pimentel-Alvarado, O. y Delgadillo-Aldrete, S. 2015).

En el fruto de nopal, la proteína corresponde al 1 %, que está formada por aminoácidos como la taurina que es un aminoácido esencial necesario en la incorporación de los alimentos puesto que el organismo del ser humano tiene una baja capacidad de sintetizar. Este aminoácido no es común en las frutas, sin embargo, está presente en la fruta de nopal. Cuya función del aminoácido taurina es aportar en el desarrollo de la retina y la síntesis de las sales biliares (ININFAP, 2011).

El color de la tuna varía de blanco, amarillo, verde, rosa, anaranjado, rojo hasta el violeta, esta característica depende de la cantidad de los carotenoides y betalaínas, pigmentos naturales de color rojo, a los cuales se les atribuye el poder antioxidante. De

esta manera se puede mencionar que a mayor concentración de betalaínas las tunas son de color violeta y poseen mayor poder antioxidante que las tunas de color blancas, amarillas o verdes. El contenido de vitamina C llega a 40mg/100g, los polifenoles y los flavonoides. Y al comparar con otras frutas, se destaca el contenido de minerales tales como el calcio 5,4 a 32,8 mg/100 g y el fósforo 8 a 27,6 mg/100 g, estos dos compuestos resultan esenciales en la estructura de los huesos de los consumidores del fruto de tuna (AL-Vigueras, G., & Portillo, L. 2001).

Los nopalitos, en su estructura poseen ácidos grasos poliinsaturados y antioxidantes tales como los tocoferoles y vitamina E y C, estas dos vitaminas, además de la función antioxidante, actúan sobre el sistema inmunológico y acción la enzimática, tal es el caso de la vitamina E es esencial para la implantación y fijación del óvulo fecundado en la pared del útero. Además, se ha demostrado que tiene una función de proteger ante un proceso de aterogénesis, es decir, la reducción de la luz de las arterias que conduce a enfermedades cardiovasculares (AL-Vigueras, G., & Portillo, L. 2001).

Al nopal se considera como alimento funcional por poseer un tipo de fibra que representa el 3% de peso de la pulpa del fruto, la fibra del nopal se caracteriza por ser soluble e insoluble. La fibra soluble está formada por pectina y gomas cuya función es retener el agua en el intestino para formar geles que evitan el empastamiento o la absorción total de humedad en el intestino grueso, haciendo que las heces sean fermentadas por las bacterias colónicas que promueven el equilibrio de la flora intestinal y ritmo evacuatorio. La fibra interfiere en la absorción y paso de nutrientes al torrente sanguíneo, de esta manera controlando los niveles de glucemia y reducción de niveles extremos de colesterol (AL-Vigueras, G., & Portillo, L. 2001).

La fibra insoluble del nopal se dispone en las semillas pequeñas. Este tipo de fibra insoluble influye en el incremento del volumen de las heces reduciendo y consecuentemente reducen tiempo de tránsito de la ingesta en el tracto intestinal y causa el estimulando de evacuación. De esta manera se puede mencionar que esta ingesta al tener menor tiempo de contacto en la pared intestinal con las diferentes sustancias tóxicas se asocia a una menor incidencia de presencia de enfermedades como el cáncer (AL-Vigueras, G., & Portillo, L. 2001).

La tuna también se utiliza para controlar problemas gastrointestinales por su efecto protector gástrico además de la importancia de la fibra que permite regular del tránsito intestinal debido al tamaño de las partículas.

Una de las particularidades de la tuna es que una vez cosechadas no se observa un cambio de color de la cáscara que es sinónimo de maduración, razón por lo que el producto debe ser cosechado cuando está cambiando de color en la planta. Se considera que las bajas temperaturas propician la conservación de los nutrientes de la fruta de tuna. De esta manera, el periodo de almacenamiento de la fruta es importante cuanto a la vida útil como máximo de un mes desde su recolección. Los nopalitos se pueden conservar en cuartos fríos envueltos. Se recomienda que este fruto antes de ser consumido debe ser lavado y escaldado con la finalidad de ablandar e inactivar las enzimas y eliminar parte del mucílago (Boratynski, K., & Davies, R. 1971).

Debido a las cualidades de la fruta de nopal en las explotaciones de nopal ha conseguido diversas formas de industrializar en alimentos como: mermeladas, conservas, salsas, paté, jugos frescos y en polvo, bebidas alcohólicas, néctares y jarabes, harina a partir de nopalitos. Por otro lado, se han utilizado aditivos, gomas que cumplen funciones de cambio de la densidad, estabilizantes y pigmentos naturales con la finalidad de reemplazar los colorantes sintéticos (Chávez-Moreno, C., Tecante, A., & Casas, A. 2009).

Los residuos de la industria son utilizados en la alimentación para animales como la cáscara y semillas que se ha podido suplementar en piensos en la agroindustria. De la misma manera se puede utilizar los cladodios o pencas en periodos de sequía como fuente de agua y alimento voluminoso para el ganado (Reveles, M., & et-al. 2010).

En la farmacia se elaboran cápsulas y comprimidos debido a sus propiedades y beneficios ante diversas patologías y como suplemento nutricional. En la industria de Cosméticos se ha desarrollado productos como el tocador, shampoo, acondicionador, cremas, jabones, lociones. En la industria energética se utiliza el nopal en el desarrollo de biogás. En la industria de la construcción a partir de las pencas, se han elaborado compuestos ligantes (Manrique, D. Olga. 1996).

1.4 Utilización de la Tuna de forma integral

La tuna es considerada una fruta digna de ser industrializada, no solo únicamente por la calidad de su fruto, sino que se puede utilizar el cladodio. Tal como otro vegetal utilizado para la alimentación del ser humano, Tanto el fruto como los cladodios se pueden conservar y transformar utilizando tecnologías y procesamiento de industrialización, considerando que son alimentos tradicionales que se puede preparar en base a tuna y nopalitos. Estos alimentos en base al fruto se puede obtener mermeladas,

jugos y néctares; productos deshidratados; jugos concentrados, jarabes y licores entre otros (Álvarez, L. 1995).

Utilizando los cladodios se puede elaborar encurtidos, jugos, mermeladas y productos industrializados. También es importante considerar la utilización indirecta de la planta como hospedero de la cochinilla para producir el carmín como colorantes naturales (Granados, S. Diodoro. 1991).

Tabla 03.

Productos alimenticios obtenidos a partir del nopal

Productos	Subproductos
Tuna	Cladodio
Jugos y néctares	Jugos
Mermeladas, geles y jaleas	Curtidos y salmueras
Fruta y lámina deshidratadas	Mermeladas de jalea
Edulcorantes	Harinas
Alcoholes, vino y vinagre	Alcohol
	Pasta forrajera de la cáscara y semilla
Fruta enlatada	Confites
Fruta y pulpa congelada	Salsas
	Nopalitos

Fuente: Saens (200 y Corrales y Flores (2003).

A partir del nopal se puede aplicar una serie de sectores industriales para obtener beneficios con productos (Betalleluz, F. 1989):

- Agroindustria de alimentos y bebidas para consumo humano se realiza diversos alimentos, bebidas alcohólicas y analcohólicas de tuna y nopalitos;
- La agroindustria de alimentos para consumo de animales elabora suplementos y piensos con los cladodios y de desechos de la industria de la tuna,
- En la industria farmacéutica se obtiene productos a partir del nopal, tales como los protectores gástricos del mucílago de nopal; cápsulas y tabletas de polvo;
- En la industria de cosméticos se realizan cremas, shampoos, lociones a partir del cladodio;
- En la industria de suplementos alimenticios tanto para consumo humano como animal se utilizan la fibra y harinas del cladodio;
- En la industria de productos de aditivos naturales se puede obtener gomas y colorantes de la fruta de tuna;
- En el sector de la construcción se utilizan todos los compuestos ligantes del cladodio de los nopales;
- En el sector energético a través de la descomposición de los nopales se produce biogás gracias al proceso de fermentación de las pencas;
- En el sector de productos de insumos agrícolas se utiliza al nopal como mejorador del drenaje de suelos;
- En el sector turístico luego de la producción de artesanías a partir del uso de los cladodios secos y lignificados;

- En la industria textil el uso de colorantes naturales se obtiene el carmín de cochinilla para la industria tintorera, de alimentos y cosméticos.

1.5 Fruta fresca

El modo antiguo y tradicional de consumir a la fruta de tuna es fresca, cuya ventaja es que se mantiene intacto su valor nutritivo puesto que no requiere de un proceso de conservación (Olivares Sonia, Andrade Margarita. 1980).

Una vez que la fruta es pelada, utilizando medidas adecuadas de higiene mediante la limpieza de manos, utensilios, uso de agua potable, debe ser consumida inmediatamente o a su vez guardada bajo frío, por un periodo de dos o tres días, debido a que no soporta ser almacenado por un tiempo mayor, debido a la baja acidez y su alto pH; esto permite que fermente fácilmente (Bateman, J. 1970).

La fruta fresca como se utiliza a nivel doméstico suele consumir como jugo o postres, debido a que se puede ser consumida sola o acompañada con otras frutas. Esta tecnología se basa en la conservación, las características de «fresca, natural, nutritiva e inocua» esto se logra utilizando una película de permeabilidad selectiva al O_2 y al CO_2 (Deza, V. 1981).

Durante el periodo de almacenamiento de estos productos, disminuye el contenido de O_2 incrementa el CO_2 , logrando reducir la ocurrencia del proceso degradativo tanto en frutas como en hortalizas (Escarcena, M. 1990).

1.5.1 Nopal deshidratado y confite

Existen antecedentes sobre el proceso de deshidratación de la tuna; en México se procesan a nivel artesanal las denominadas «tunas pasas», aquellas que no poseen semillas, y cocidas en miel de tuna; se colocan al sol, se gira con frecuencia para conseguir un secado homogéneo. Manifiestan que algunos grupos de nativos deshidrataban la tuna entera antes de que consiguieran el estado de madurez, y luego cocerla con carnes u otro tipo de alimentos (Aquino, L.; Rodríguez, J.; Méndez, L. y Torres, K. 2009).

En el mercado de varios países ofertan frutas deshidratadas, por varios motivos estas se vuelven atractivas: las mismas que son elaboradas con pulpas de frutas naturales, sin la aplicación de conservantes sintéticos, estas son masticables siendo especiales y llamativas principalmente para los niños y, en la cultura actual de consumo de alimentos, cuyos productos son lo contrario de la comida «chatarra», estas pueden contribuir a una dieta saludable para el hombre (Caplan, K. 1995).

1.5.2 Uso del Nopal en productos alimenticios

La conservación de los productos hortofrutícolas en buen estado por un tiempo más prolongado y acceder a mercados distantes y diversos, la obtención de productos de alto y con un valor agregado y un buen potencial de comercialización, puesto que se dispone de un producto con una larga vida de anaquel a lo largo de todo el año, hace que el precio de alguna manera se obtenga un valor económico estandarizado a lo largo del tiempo en el mercado, de esta manera se genera empleo a la sociedad, entre otros aspectos, considerando una de las ventajas principales y razones de ser de la industria de la producción agropecuaria (FAO-OMS. 1993).

El procesamiento y la industrialización del fruto de tuna o nopal resulta de interés económico y social, dado que tecnológicamente es factible hacer y puede generar economía viable además de generar rentabilidad en las diferentes cadenas productivas que se consideran factores mercadotécnicos organizacionales fundamentales en la sociedad; además constituye un mejor beneficio para los productores agrícolas en las zonas áridas (Flores, V. C. A. 1999).

Recientemente, en México, Estados Unidos y otros países han generado una serie de alimentos procesados a base a la verdura y fruto de nopal, como se cita a los siguientes (Flores, A. 1992):

- Nopalitos en salsa: nopalitos enlatados con diversas salsas de chile o ají picante;
- Paté de nopal con soya: es un puré de nopalitos con soya texturizada y saborizada a carne de res o pollo envasada en frascos de cristal;
- Nopalitos con atún: es una ensalada denominada «Azteca» contiene atún, frijoles, nopalitos y ajíes picantes tipo jalapeño; la presentación de este producto es enlatado;
- Los nopalitos en salsa, con atún, champiñones, embutidos o verduras, forman un grupo de productos denominados nopalitos con alimentos aceptadas en el mercado mexicano;
- Cereal con nopal: es un peletizado de harina y salvado de trigo y polvo de nopal deshidratado, cuyo principal aporte es la fibra hidrosoluble que se comercializa en envases de polietileno.
- Harina de cereal y nopal: es un polvo fino, resultado de la molienda del nopal deshidratado y de granos de cereales.

CAPITULO II

2 LABORES PRECULTURALES Y CULTURALES DEL CULTIVO DE TUNA

2.1 Propagación y establecimiento de la tuna

La obtención de plantas de nopal requiere de semillas o a su vez material vegetativo; en el caso de la propagación utilizando semillas, como consecuencia se obtienen plantas con características genéticas poco viables y en mayor tiempo, por lo que es recomendable un tipo de propagación asexual o vegetativa.

La multiplicación vegetativa es usada a nivel comercial y este método propicia la utilización de estacas que consiste en utilizar una o varias pencas enteras; otro mecanismo es la utilización de trozos de pencas, disponibles conocido como material de propagación cuando la cantidad de pencos es escasa.

La propagación vegetativa en el cultivo de nopal requiere recurrir a camas de un vivero o a la producción de estacas directamente obtenidas del campo. Cuando se obtiene las plantas del mismo campo para repoblar la superficie de cultivo esto requiere incurrir en mayores gastos de agua, mano de obra y espacio; por lo que se recomienda la utilización de la propagación de la tuna obtenida en un vivero (SAGARPA. 2016).

2.1.1 Propagación por semillas

La propagación del cultivo de nopal a partir de la semilla de frutos que muestren buen tamaño y bien maduros conseguidos en la planta. Este método implica separar la pulpa de las semillas y seleccionar aquellas que tienen una buena formación y las pequeñas o de color blanquecino que no se recomiendan para la propagación (SAGARPA. 2016).

Una vez obtenida la semilla se lava, se seca y se coloca en lugares de almácigo en líneas separadas 4 cm y 2,5 cm entre semillas. Cuando las plántulas de nopal hayan alcanzado una altura de 3,5 a 5 cm se coloca en bolsas de plástico de 12" x 8" x 2 mm con una mezcla de suelo, tierra vegetal, compost o una mezcla de turba, arena y tierra (SAGARPA. 2016).

Obtención de la semilla de nopal

Se puede hacer comprando de un vivero, tienda o jardinería, o a su vez extraerlas del fruto de un nopal. Se escoge un fruto maduro de forma de huevo que crece y se desarrolla en la parte superior de la planta de nopal (Tobías, H. Jorge. 1990).

- Colocar los guantes para proteger las manos de las espinas;

- Cortar los extremos del fruto;
- Hacer un corte vertical y en un lado de la cáscara sacar cuidadosamente la pulpa separando de la cáscara;
- Desmenuzar la pulpa y separar las semillas salpicadas por todo el fruto.

Preparar la maceta del jardín

- Tomar una pequeña maceta que tenga un agujero en el fondo.
- Cubrir el fondo de la maceta con una capa de piedras pequeñas para permitir drenar el exceso de agua.
- Llenar la maceta con la mitad tierra y mitad de arena, piedra pómez áspera o marga. Esta tierra drena que se asemejan a las tierras naturales del desierto.
- Si no dispone de maceta de jardín, puedes utilizar una taza de plástico.
- Hacer un agujero en el fondo para permitir el drenaje del agua similar a la maceta.
- El cultivo de varios nopales requiere de varias macetas.

Planta las semillas

- Colocar una o dos semillas en la parte superior de la tierra de la maceta.
- Presiónalas suavemente que ingrese en la tierra y cubrir las a 0,6 cm (1/4 de pulgada) de profundidad en la tierra.
- Colocar agua sobre la tierra cuidando que este húmeda pero no mojada.

Mantener las macetas en un lugar con sombra

- Las semillas del cactus no requieren de luz solar directa de la misma manera que las plantas establecidas.
- Se requiere mantener las macetas en una zona cubierta con sombra rodeada de luz del sol.
- A medida que crecen las semillas, mantener la tierra húmeda hasta que la semilla germinen, disponer de agua sobre la tierra hasta que se vuelva seca al tacto.
- Las plántulas de nopal cultivados a partir de semillas tardan más tiempo en crecer y desarrollar que las plantas propagadas vía vegetativa y los cactus resultantes pueden tardar tres o cuatro años en producir flores y frutos. Sin embargo, el cultivo del nopal a partir de las semillas mantiene la diversidad genética.

2.1.2 Propagación vegetativa

Cuando se establece la propagación a partir de pencas se puede usar de una a tres pencas si el material disponible es suficiente; en el caso de que el material sea muy escaso,

se puede fraccionar una penca, en cuantos trozos se pueda dividir, con la precaución de que cada trozo contenga por lo menos una aréola u “ojo” de tuna. Se escoge pencas del penúltimo piso o de mayor edad, pero no se recomienda que sean de pisos en los que la capa de corteza esté muy corchosa (Tayupanta J., J.R. 1986).

Las pencas bien cicatrizadas deben ser instaladas en un vivero, donde se puede colocar en camas de propagación o en bolsas de plástico.

a) **Propagación en camas:** Se prepara una poza de 1,20 m de ancho, 45 cm de profundidad, y de largo de acuerdo con la disponibilidad de terreno para contar con una cama perfectamente nivelada. En la poza se coloca una capa de 10 cm de arena gruesa, ripio o piedra chancada y encima otra capa de 30 cm de tierra vegetal, compost o una mezcla de turba, arena y tierra. En la cama se colocan las pencas en líneas separadas 20 cm y 40 cm entre pencas, con las pencas en posición perfectamente vertical, enterradas hasta algo más de la mitad de la penca y con los bordes en sentido del largo de la cama.

b) **Propagación en bolsas:** Se utilizan bolsas de 12" x 8" x 2 mm a las que se les hace de 4 a 6 agujeros en dos hileras: la primera a 3 cm de la base y la segunda a 10 cm de la base; los agujeros deben tener 1 cm de diámetro. En la bolsa se coloca el mismo sustrato que para el caso de las camas. Estas bolsas se ubican en pozas de tamaño similar al anterior y de 15 cm de profundidad.

2.1.3 Propagar nopales asexualmente

Busca el nopal establecido en buen estado de salud para propagarlo.

La forma común de cultivar nopales es utilizando un esqueje de una planta establecida. Para lo cual consulte a productores vecinos, Tome un esqueje de una planta.

- Para propagar el nopal a partir de una planta existente, utilice esquejes de la penca de las plantas, las que en realidad tienen tallos modificadas.
- Considere que las pencas sean planas, verdes y carnosas.

Corta una penca. Seleccionar la penca saludable de tamaño mediano o largo y tenga entre uno y tres años. Una penca libre de daños, manchas o deformidades.

- Tomar un esqueje, sostén la parte superior de la penca con una mano protegida con guante y corta la penca por encima de la junta donde une con la planta.
- No corte la penca por debajo de la junta, para evitar una infección y su muerte por pudrición.

Penca con un callo. Al evitar que se infecte y se pudra una planta, se debe dejar que el esqueje forme un callo en la parte del corte antes de plantarlo. Coloque la penca en

un lecho de tierra arenosa por un tiempo de una o dos semanas, hasta que el corte haya cicatrizado o formado un callo.

- Dejar que la penca en una zona cubierta con sombra mientras se espera a que forme el callo.

Prepara la maceta en un jardín

- Colocar en el fondo de una maceta mediana piedras para propiciar el drenaje.
- Llena el resto de la maceta tierra arenosa o margosa, que permite un buen drenaje.
- La tierra apropiada debe ser una mezcla de tierra y arena o piedra pómez.

Penca con el corte sanado

Haga un agujero de 2,5 a 5 cm (1 a 2 pulgadas). Colocar la penca en posición vertical dentro de la maceta. No entierre la penca más de 2,5 a 5 cm (1 a 2 pulgadas) de profundidad puede podrirse.

- Si la penca tiene problemas rodee con piedras para apoyarla.
- Después de haberla plantado. La penca tiene suficiente humedad para hacer brotar nuevas raíces.

Coloque la penca al sol

A diferencia de la semilla, la penca requiere de luz solar directa. Sin embargo, puede quemar bajo la luz del sol; es importante proteger de la luz solar directa entre las 11:00 y 13:00 cuando el sol esté muy fuerte.

- Evite mover el nopal frecuentemente, colocar la penca orientado al este y al oeste. Así los lados delgados estarán orientados al sol cuando se encuentre en su punto máximo.
- Evitar quemar la penca con el sol, aleje del sol cada tarde.

Riegue la penca después de un mes

Luego de tres o cuatro semanas, la penca empezará a verse seca y arrugada. Esto es un signo que la planta ha crecido y establecido raíces y es hora de disponer de agua.

- Disponer a la planta de agua suficiente para humedecer la tierra.
- Regar a la planta cuando la tierra esté seca.
- Retirar las piedras que sostienen la penca, la nueva planta puede sostenerse por sí sola y estará camino a convertirse en un nopal establecido.

Cuidar el Nopal

Elige un lugar permanente

Se puede cultivando el nopal en una maceta y trasplantar en el suelo. El cactus, exige un lugar que reciba exposición al sol.

- Mantener en una maceta el nopal es posible, pero requiere de un lugar a pleno sol.
- Si va a cultivar en un clima con mucho invierno y/o frío por debajo de -10 °C, hay que mantener el nopal en la maceta para poder trasladar al interior cuando el clima así lo permita.

Trasplanta el cactus

La época de trasplante de un nopal se considera al finalizar primavera, cuando ha pasado el riesgo heladas y lluvia intensa.

- Hacer un agujero en la maceta que se encuentra el cactus.
- Lleve lo más cerca del agujero.
- Voltee suavemente boca abajo y sostenga la planta con la mano (ahuecada) con guante.
- Coloque las raíces en el agujero y cubra con tierra.
- Apriete la tierra con las manos y sature con agua.
- Durante la primera semana, riegue cada 3 días, luego, cada 3 o 4 semanas.
- Una vez establecido el nopal, no requiere de riego aparte de la lluvia en forma natural.

Cosecha de pencas y frutos de la planta establecida

Deje que el nopal esté establecido durante varios meses antes de cosechar las pencas o frutos. Espere que la planta desarrolle una segunda o tercera penca antes de cosechar las pencas, y espere que haya ocho flores en una penca antes de cosechar el fruto (Samaniego, N., & et-al. 2015).

- Corte las pencas al final de la mañana. Retire las pencas por encima de la junta.
- Coseche el fruto girándolo y tirando suavemente desde la penca. El fruto está maduro cuando las gloquidias se desprendan de los bultos de color claro u oscuro en el fruto.
- Asegure de utilizar guantes y proteger las manos de las espinas.

Cubrir la tierra con mantillo en invierno

Para evitar el daño causado por el frío, aún si se vive en un clima cálido, cubra la tierra que rodea al nopal con mantillo en otoño (Samaniego, N., & et-al. (2015).

- Si vive en un clima frío y mantener el nopal en una maceta, lleve al interior en otoño para evitar congelamiento.

2.2 Establecimiento del cultivo de tuna

La tuna desarrolla bien en suelos ligeros y medios, aunque sean pedregosos y poco profundos; no logra adaptarse perfectamente a terrenos húmedos y pesados. Las poblaciones de tuna, tanto para fruta como para cochinilla, muestra diversas modalidades de desarrollo, distinguiéndose tres sistemas básicos en áreas de secano: huertos constituidos, cercos vivos y praderas naturales manejadas. Bajo riego se encuentra dos de éstos: huertos constituidos y cercos vivos. Se recomienda, para la sierra, realizar la instalación en primavera; en la costa puede plantarse en cualquier época, aunque se lograrían prendimientos más seguros con trasplantes en otoño e invierno (Ontivero, M., Martínez, J., González, V., & Echavarría, P. (2008)).

2.3 Preparación de terreno

Las labores culturales que requiere el cultivo de tuna principalmente es la poda de producción la misma que se realiza durante los meses de diciembre a enero; para efecto se aplica una fertilización a base de 5 kg de estiércol más 300 g de sulfato de amonio; en cultivos sin fertilización requieren de control de plagas y enfermedades para lo cual necesitan Parathion metílico 720 a razón de 1 L 400 L de agua, además se utiliza una mezcla de fungicida Cupravit para controlar la presencia de trips y la mancha en las pencas; en las época de brotación o floración se requiere aplicar al menos tres riegos en el área de sombreo con un sistema al goteo en la etapa más seca del año, una cada mes humedeciendo un bulbo de aproximadamente 1.5 m de diámetro; la actividad de deshierba manual es al menos tres en función de la presencia de malezas con la utilización de una herramienta conocida como azadón. Y la cosecha se realiza de forma manual utilizando un cuchillo, guantes y recipientes de plástico en el mejor de los casos, se recolecta en un remolque, para que posteriormente sea transportada a la integradora y proceder a la práctica del desespinado. El rendimiento esperado es aproximadamente de 10 t ha (INIFAP. 2000).

Preparación y trazado del terreno consiste en realizar al menos 3 a 4 pasos de barbecho cruzados y rastreos hasta que quede el terreno listo para la siembra. Previo a la siembra es necesario realizar 2 a 3 pase de rastras y dejar en reposo al menos 2 días entre rastreo, con la finalidad de ayudar a que la población de plagas presentes que se encuentren en el suelo disminuya considerablemente al someter a la exposición al sol de manera continua. En terrenos de superficies planas o de mínima pendiente no es mayor problema colocar rafia y marcar las distancias entre surco y surco y entre planta y planta (Pimentel y Delgadillo, 2015).

Las labores pre-culturales en los diferentes cultivos que exigen labranza completa tales como el nopal hasta su prendimiento deben realizar con treinta días de anticipación, las mismas que comprenden las labores de arada, cruzada o rastra hasta que el suelo quede bien mullido; esta práctica se hacer al terreno en forma adecuada y utilizando prácticas de conservación del suelo (Tayupanta J., J.R. 1986).

El término “arado” se entiende al proceso que permite mover el suelo que este comprimido propiciando la formación de terrones en dirección que se realice esta actividad sobre la superficie del terreno. Luego estos terrones utilizando la rastra se revuelven propiciando su ruptura o molienda para devolver el terreno un estado inicial y favorecer la disponibilidad de las sustancias orgánicas, garantizando nutrición y espacio al nuevo cultivo (SAGARPA, 2016).

Generalmente la actividad de arar se efectúa luego de la cosecha de un producto agrícola. El objetivo de esta actividad de esta labor es eliminar de especies vegetales indeseables (malas hierbas), sobre todo, se trata de eliminar el resto de los residuos del cultivo anterior, empujándolos a la profundidad y no obstaculicen o perturben el crecimiento del nuevo cultivo. De esta manera es posible suavizar el terreno y prepararlo de manera progresiva para recibir al siguiente cultivo.

Los instrumentos que se realizan para el arado se conocen como aperos y/o arados, los cuales son arrastrados por máquinas agrícolas (tractor) de elevada potencia los mismos que pueden ser de reja y vertedera. La actividad de arado se puede trabajar a diferente profundidad: superficial (de 10 a 20 cm), (20 – 40 cm) y profunda (40).

Esta actividad de labranza se puede realizar en diferentes épocas del año, sin embargo, esta se realiza de mejor manera en estaciones intermedias con la finalidad de dejar listo el terreno para el nuevo cultivo así mismo para hacer una fertilización de establecimiento cuando se aplica abonos orgánicos puesto que estos tienen un proceso

lento de desmineralización de la materia orgánica. De hecho, al propiciar con el arado enterrar los residuos de cosecha del cultivo anterior estos residuos se convierten en abonos orgánicos y en el momento en que ocurran las precipitaciones bajaran las temperaturas del suelo. En este sentido la temperatura del interior implica acciones de heladas y deshielo, y luego una rotura de los terrones superficiales.

La acción de arar es para la dar el confort adecuado a la semilla en la actividad de siembra cuyas ventajas se cita a continuación:

Establecer el estado ideal del terreno para el nuevo cultivo que consiste en mover los terrones, removerlos y dejar espacio “nuevo” en la superficie para el próximo cultivo, de una superficie que no ha sido trabajado anteriormente de manera intensa, esta actividad contribuye al nacimiento y desarrollo de una nueva plántula, permite lograr encontrar el espacio apto para el desarrollo de sus raíces en el terreno;

El terreno queda como nuevo y resistente al agua y rico en oxígeno. El arado del suelo aumenta la porosidad esencial para el paso del agua, oxígeno y otras sustancias orgánicas e inorgánicas. Los residuos del cultivo anterior logran introducir en una profundidad con la acción del arado por lo que se convierten en una fuente de alimento para la nueva plántula;

Estricto control sobre la presencia de malas hierbas, mover el suelo significa destruir la presencia de malezas, reducir la actividad de microorganismos, parásitos y animales que se encuentran en el suelo y dificultan el crecimiento exuberante del cultivo.

Por otro lado, la innovación tecnológica del arado ha convertido en un tema de discusión por los agrónomos y administradores de las empresas agrícolas. Esta técnica de arado también trae desventajas, que chocan con la concepción, actual de la eco-sostenibilidad.

Causa daños sobre la microflora del suelo, en la superficie del se puede encontrar una población con una gran diversidad de organismos y microorganismos que tienen necesidades diferentes, dependiendo de la capa en la que se encuentran; en la superficie se encuentran microorganismos aerobios, que requieren de oxígeno para sobrevivir; y al virar la capa arable, las bacterias y hongos anaerobios sufren el contacto con el aire. Remover el suelo implica actuar sobre el equilibrio de la microflora, con el transcurrir del tiempo causa daños significativos y pérdida de la fertilidad del suelo;

Creación de la capa de labranza. El peso del apero arado destruye el suelo y crea la capa "costra de trabajo", que, a largo plazo es más profunda. Esta capa imoide el

paso del agua y aire dificultando el desarrollo del sistema radicular de las plántulas, provocando la pérdida de fertilidad en el suelo.

Aumenta el número de pasos para la labranza. El apero “arado” permite la producción de macro-terrones que se presentan en la superficie del suelo. Por lo que es necesario realizar una labranza complementaria para una preparación óptima de la superficie del suelo y poder establecer una siembra, ello implica destruir los terrones y hacer más pequeños o desmenuzables. Esta actividad propicia mayor número de operaciones y consecuentemente un incremento en los costos de producción;

Aumento en el consumo de energía y económico. La labranza implica actividades complementarias que generan mayores costos de combustible, y causan impacto en el ambiente. Además, los aperos requieren de una fuerza de tracción y, en consecuencia, hacen que los costos sean muy elevados.

La preparación del suelo y trazado del terreno consiste en nivelar al máximo antes de cultivar. Se recomienda realizar de 3 a 4 barbechos o aradas y cruzadas y mullidos hasta dejar el terreno listo para el establecimiento del cultivo. Antes de colocar la semilla es propicio realizar pases de 2 a 3 rastreos y dejar en inmovilidad 2 días entre las actividades de rastreos, con la finalidad de ayudar a que la presencia de plagas en el suelo se vea reducido al propiciar la exposición a la radiación solar. En los terrenos planos o de una pendiente no muy inclinada no es problema que se coloquen rafia y distribuir en distancias entre surcos y entre plantas (Pimentel y Delgadillo, 2015).

La época de siembra y la densidad. En el estado de Morelos de México el cultivo de nopal se lleva a cabo durante los meses de sequía que ocurren durante el mes de febrero hasta abril y se realiza colocando las dos terceras partes del cladodio dentro de la superficie del suelo. Y la densidad de siembra se establece de 10 mil a 30 mil cladodios por unidad de superficie (hectárea) con una distancia entre planta y planta de 30 a 40 cm entre plantas (Pimentel y Delgadillo, 2015).

La Fertilización en el cultivo de nopal se suele realizar para obtener mayores resultados utilizando 200 g de sulfato de amonio o 100 g de urea por planta, cuyos resultados mejoran de manera significativa si el fertilizante se aplica de manera combinado con el abono orgánico en una dosis de 10 kg por planta, aunque se recomienda realizar una aplicación dos o tres meses luego de su establecimiento del cultivo y cuando se disponga de una buena humedad o una buena capacidad de campo (FAO-OMS. 1993).

La combinación de abonos químico y orgánico ha propiciado una buena respuesta al cultivo de nopal, tomando en cuenta que la fuente de abono orgánico es el estiércol de ovinos o gallinaza se ha determinado que, la aplicación de 10 kg de estiércol de cabra o de bovino, en un estado semi-seco permite obtener de la planta una buena producción de brotes tiernos con la finalidad de tener mayor uniformidad en la producción, la aplicación de abono orgánico puede realizarse en dos aplicaciones: al inicio y al final de la temporada de lluvias.

El gremio de profesionales agrónomos (COLPOS) de México recomiendan aplicar una cantidad de 120-100-00, es decir, 505 kg ha⁻¹ de sulfato de amonio y 217 kg de superfosfato de calcio, aplicado en dos momentos: al inicio y fin de la época de invierno (lluvias).

La actividad de poda se realiza con la finalidad de facilitar el manejo del cultivo y estimular y propiciar el rebrote de cladodios puesto que la producción de nopal como verdura se recomiendan 4 tipos.

Normalmente se realizan labores culturales como poda después de cada cosecha; con relación a la fertilización se debe aplicar una mezcla de 5 kg de gallinaza más 5 kg estiércol de cabra más 100 g de sulfato de amonio por planta, con esto se incorpora de forma manual a una profundidad aceptable (5 cm); se considera necesario aplicar tres riegos en el área de sombra con un sistema de riego al goteo en la etapa más seca, una cada mes, de esta manera humedeciendo un bulbo de aproximadamente 1.5 m de diámetro (Hernández, U. M. I.; Pérez, T. E. and Rodríguez, G. M. E. 2011).



Figura 12. Poda del Nopal.

1. Poda de formación, se realiza en la primera brotación dejando en su planta de 2 a 3 cladodios como planta madre cuya finalidad es brindar a la planta una forma

- que permita un buen manejo y se eliminan los cladodios que se encuentran muy unidos, además se eliminan los cladodios mal formados o con orientación negativa.
2. La Poda de saneamiento, se realiza principalmente en sembradíos de larga duración o longevos que consiste en retirar los cladodios viejos, improductivos, mal formados y enfermos.
 3. La Poda de estimulación de renuevos se realiza luego de la cosecha del fruto de nopales, prácticamente una poda promueve el estímulo para la formación de nuevos brotes (Aguilar, 2000). Esta actividad se efectúa en cultivos a campo abierto, donde los brotes no son cosechados por un largo periodo de tiempo (épocas de precios bajos) y el productor decide el tiempo que tiene que retirar a estos cladodios previo el cálculo de la época donde se obtienen ventas con precios que represente rentabilidad en el año (meses de invierno). El corte de los cladodios se realiza dejando únicamente las pencas en donde luego de 20 días se espera que brotaran de 8 a 15 nopalitos que se pueden comercializar en el mercado.
 4. La poda de rejuvenecimiento se realiza cuando la plantación es vieja y se considera improductiva para lo cual se recomienda realizar a una altura de la base del primer o segundo brotes, luego de la poda crecerán nuevos brotes, los cuales se seleccionarán de dos a tres que estén bien ubicados y formen una nueva planta productiva, este tipo de poda es propiciada en cultivos que tienen una edad de 10 o 15 años.

Los requerimientos hídricos para lograr una alta producción de nopal es la adaptación de un sistema de riego suficiente que suministre un volumen de agua constantemente que abastezca los requerimientos del cultivo.

En manera excepcional, En México el estado de Morelos para establecer una producción realiza los cultivos de nopal bajo condiciones de temporal debido a que las condiciones topográficas impiden el establecimiento de sistemas de riego que suministre el requerimiento hídrico. Una precipitación media anual que requiere para la supervivencia del cultivo de verdura de nopal es de 116 mm que se distribuya durante todo el año. Con esto se logra una cosecha. Se puede mencionar que los cladodios en estado tierno generalmente se cosechan entre los 30 y 60 días posterior a la brotación, edad a la que alcanza un peso entre 80 - 120 g y una longitud de la hoja de 15 - 25 cm (Flores-Valdés, 1995). Esto se considera debido a que los cladodios a esta edad tienen

espinas y gloquidas muy débiles y no se requiere utilizar guantes de cuero como se lo hace en cultivos maduros (Madjdoub, H.; Roudesli, S.; Picton, L.; Le C. D.; Muller, G. and Grisel, M. 2001).

Las pencas tiernas de nopal son removidas con un cuchillo insertando cuidadosamente en la base del nopalito, esta operación requiere de habilidad para cosecharlos de forma intacta, y posteriormente es depositada en las cajas de plástico y/o madera, seleccionados de acuerdo con el tamaño requerido por la demanda en el mercado.

2.4 Plantación

La plantación de nopal se inicia con la colocación de estacas en las cuatro esquinas de las camas. A lo largo de la superficie destinada al cultivo del nopal se tienden hilos, de una estaca a otra, los cuales sirven de guía para la colocación de las pencas de las orillas y se procede a plantar. Las pencas se colocan previo a la elaboración de un hoyo enterrando la mitad de ellas orientando de manera perpendicular a la hilera (INIFAP, 2011).



Figura 13. Establecimiento del nopal vía vegetativa.

La orientación perpendicular facilita la eliminación de malezas y tener la posibilidad de manipular las herramientas entre hilera e hilera desde los pasillos. La distancia entre plata y planta es de 30 centímetros (medidos de centro a centro de penca) y 30 centímetros entre hileras estableciendo hileras de cinco a siete plantas (camas de 1.5 ó 2.1 metros) considerando que se requieren en promedio 11 plantas por metro cuadrado.

Los huertos de nopal recomiendan cultivarse en rectángulos, con una densidad hasta de 2000 a 2500 plantas por hectárea, el cultivo de la tuna está destinado a la producción de fruta y las densidades superiores a 2500 plantas por hectárea son propicios para la crianza y producción de cochinilla que proporcionan ácido carmínico. En las regiones con climas templados el nopal debe ubicarse en hileras siguiendo las curvas a

nivel, mientras que en la región tropical depende de la disposición del sistema de riego. Las plantas de nopal se colocan siguiendo los bordes en sentido de la hilera, para conformar una especie de cerca vegetal o pared a lo largo de la misma. Estas cercas vivas, recomiendan utilizar cultivares espinosos, en los que se colocan en una hilera a distanciamientos entre 0,50 a 1 m entre planta y planta. En el lugar indicado de la planta, se realiza un hoyo cilíndrico de 50 cm de diámetro y 40 cm de profundidad (INIFAP. 2007).

La tierra que se extrae del hoyo se recoge en porciones que corresponde a la capa superficial y a la capa profunda. Recomendando colocar de 20 a 30 kg de estiércol descompuesto como fertilizante orgánico el mismo que se coloca al fondo del hoyo y se cubre con la tierra en la parte superficial de la superficie terrestre, sin mezclarlo. La ubicación de la planta en el hoyo se realiza en la cama de tal manera que coincida con el nivel del suelo.

En caso de que las plantas provengan de plantones procedentes de bolsas, en este caso se ubica la bolsa que contiene la planta en la parte central del hoyo, se practica un corte al costado y en la base con una navaja, tratando de no remover la el sustrato que contiene en ella para no evitar lesiones en las raíces del nopal y se procede a llenar el hoyo con una parte de la tierra extraída del mismo hoyo, debiendo hacer coincidir con exactitud el nivel del suelo en la bolsa y el nivel del suelo en el campo. Finalmente, el primer abonamiento se mezcla un equivalente a 15-40-30 g de NPK por planta, realizándose el primer riego en el campo por el método de inundación (INIFAP. 2007).

2.4.1 Establecimiento del cultivo

La selección del material vegetal para establecer un cultivo de nopal según Pimentel y Delgadillo, (2015) se realiza mediante una propagación vegetativa, donde se hace en primera instancia la selección y uso de pencas o cladodios. Para lo cual se debe considerar la uniformidad el tamaño, el grosor y color del cladodio. Los cladodios que se utilizan para el propósito de plantación tienen que ser cosechados de plantas sanas, formadas, en etapas productivas, libres de plagas y enfermedades. Luego los cladodios madre, colocar bajo la protección de la sombra para su respectivo secado y cicatrización de esta manera evitar las pudriciones en días posteriores al establecimiento del cultivo. Existe tecnologías que permiten el tratamiento preventivo a los cladodios, uno de ellos consiste en sumergir en una solución de caldo bordelés (2 k de cal más 2 k de sulfato de Cobre tribásico disueltos en 100 litros de agua) y dejar durante 15 días secar a la para

favorecer el proceso de cicatrización de las heridas causadas durante la colecta (Larone, D. 1987).



Figura 14. Cultivo de nopal

2.4.2 Época de plantación

La plantación del nopal para producción de verdura puede realizarse en cualquier época del año. Sin embargo, es necesario aprovechar las condiciones climáticas que propician una buena brotación y tiempo para la preparación del material vegetativo para la producción invernal, y se sugiere establecer la plantación durante el mes de marzo. Y una segunda época para realizar la plantación en el mes de agosto (Pimentel y Delgadillo, 2015).

Cada época de cultivo tiene ventajas y desventajas, entre las más importantes tenemos: Al establecer la plantación en el mes de marzo, el riesgo producido por las heladas es mínimo en los países de cuatro estaciones donde la temperatura aumenta; por lo consiguiente, no es necesario proteger a las plantas utilizando túneles de plástico (invernaderos). En esta época, de manera natural los cultivos de nopal brotan, y la primera cosecha se puede obtener a los 40 días después del primer riego a la plantación (Pimentel y Delgadillo, 2015).

Una ventaja de cultivar la planta en esta época es el corto tiempo para iniciar la etapa de producción; además, cuando se presentan las lluvias, las plantas se enraízan rápidamente y aprovechan el agua de lluvia, lo que permite el ahorro de agua de riego y mano de obra para aplicarlo. La desventaja que se produce al plantar en el mes de marzo es que existen nopalitos de manera natural y tanto los nopales silvestres como los cultivados para la producción de tuna y verdura se produce en buena cantidad, además se

tendrá brotes tiernos, los cuales compiten en el mercado con los producidos en las plantaciones especializadas e industriales para nopal verdura viéndose afectado el precio en el mercado (Pimentel y Delgadillo, 2015).

Esta es la causa por la que se establece la plantación en el mes de marzo debido a que resulta conveniente, no por cosechar nopalitos y su valor económico y el aprovechamiento en la formación de la planta para la producción del próximo invierno. Esta es una de las razones por lo que se elimina el exceso de brotes y se propicia una selección de dos o tres brotes en cada planta, colocando en lugares opuestos entre sí, para formar el piso de producción.

Los brotes seleccionados se dejan madurar durante todo el periodo de verano antes de colocar los túneles de plástico a mediados del mes de septiembre, que se eliminan brotes que hayan asomado en el segundo piso, que permite estimular la brotación durante la estación de invierno. A partir de septiembre se puede estimar la reducción de la brotación de los nopales, debido a que la temperatura del aire disminuye considerablemente (INIFAP, 2011).

En el mes de marzo cuando los nopalitos incrementan en precio y las camas, se debe estar protegido con los túneles de plástico para evitar los cambios de clima y afecte a los cultivares. Cuando la plantación se establece en marzo, empiezan aparecer la producción de yemas para los frutos (Pimentel y Delgadillo, 2015).

Cuando la plantación se cultiva en un periodo posterior a marzo hasta los primeros días de agosto, la primera cosecha se obtendrá desde los 40 a 60 días posterior al establecimiento. La razón de esta planificación es que durante este periodo de producción se obtiene un mejor precio en esa temporada, puesto que habrá escasez de producto en el mercado, cuando se tiene cultivares establecidos en forma natural o cultivados a campo abierto, considerando que normalmente no utilizan protección contra presencia de baja temperatura ambiental.

Al trasplantar en la época señalada es necesario colocar el plástico desde el mes de septiembre. De esta manera se aprovecha al máximo el calor del sol generado por la descomposición del estiércol. Estos dos factores promoverán a las plantas a que brote durante toda la temporada de frío (INIFAP. 2000).

Al cultivar el nopal durante el mes de agosto, resulta conveniente cosechar la planta madre durante ese periodo de invierno, y aprovechar la oportunidad del precio alto del producto en el mercado y recuperar los costos de producción.

Una vez que haya pasado el periodo de invierno y el precio del nopalito disminuye, se procede a seleccionar los tres brotes en los sitios opuestos de la planta, y propiciar la formación de un piso de producción en el siguiente periodo de invierno. Por lo que se recomienda cosechar sobre la planta madre en los casos de oportunidad y de buen precio de los nopalitos en el mercado (INIFAP. 2000).

Generalmente no es conveniente cultivar después del mes de septiembre debido a que en este lapso el primer corte será al menos a los 90 días. Y el precio de los nopalitos tiene una tendencia a descender y el productor tiene muy poco tiempo para comercializar en un buen precio y se puede amortizar el capital de inversión.

2.5 Riego

La plantación de nopal se desarrolla en terrenos áridos o secos. Si las pencas en el momento del establecimiento están bien hidratadas, una vez plantadas es recomendable esperar de 10 a 20 días para aplicar el primer riego a las camas. Esto se realiza con la finalidad de dar tiempo a que se cicatrice las heridas que pudieran haberse causado durante el traslado de material vegetativo o durante la plantación. Mientras que cuando se utilizan pencas deshidratadas es necesario regarse inmediatamente del momento de la plantación (INIFAP, 2011).



Figura 15. Cultivo del nopal

Una vez que se encuentra establecido la plantación de nopal en el periodo invernal se recomienda regar las plantas cada 20 días con 40 litros de agua por metro cuadrado de terreno plantado lo que equivale a una lámina de 20 mm/ha. Este volumen de agua puede aplicarse con una frecuencia de dos riegos de 20 litros por metro cuadrado cada 10 días. Considerando el bajo precio del nopalito durante la época de calor (marzo a septiembre) la cantidad de agua requerida puede disminuirse al 50 por ciento si no hay alternativas para comercializar la plantación de nopalito (INIFAP, 2011).

2.6 Cosecha

La cosecha de nopalitos se realiza únicamente cuando alcanzado el tamaño requerido por el mercado. El tamaño medio que acepta el mercado mide de 15 a 20 centímetros de largo, los cuales tienen un peso promedio 100 gramos. Si la producción de nopalitos es alta y no todo está de cosecha, se sugiere dejar el resto en la planta para la siguiente cosecha. La frecuencia de cortes para cosechar los nopalitos puede ser de 12 a 15 días (INIFAP. (2000).

No es recomendable cosechar brotes de tamaño pequeño puesto que se sacrifica el rendimiento del cultivo, y se requiere de mayor número de brotes por kilo. Una posibilidad es dejar que los brotes alcancen un tamaño comercial adecuado y que el consumidor elija y que a lo posterior se coseche; la desventaja es que el siguiente corte se retrasa.

Desde este punto de vista recomiendan cosechar con cuchillos de acero inoxidable con la finalidad de retrasar la oxidación de los nopalitos en el punto del corte.

El corte se debe realizar desprendiendo los nopalitos del punto de unión, evitando ocurra un daño de la penca madre ni el brote de fruto tierno. De esta manera los nopalitos van colocando en cajas de madera o plástico, para posteriormente enviarlos al mercado de destino o desespinarlos (INIFAP. (2000).

2.7 Factores que afectan la producción

Es conveniente obtener una alta producción y productividad de nopal como verdura, pero para alcanzar ese objetivo se requiere proporcionar cuatro condiciones a la plantación (INIFAP. (2000):

1. Humedad. Como el nopal a la edad temprana posee un alto contenido de humedad (97%), es necesario disponer una humedad en el suelo considerable para mantener una producción constante en la granja. De esta manera se manifiesta que el riego en el cultivo de nopal es un factor determinante que estimula la brotación por ende la producción; por consiguiente, si no se dispone la cantidad de agua de riego necesaria, es imposible obtener una producción rentable en la temporada regular de brotación, particularidad que permite la variación del precio de venta a nivel de productor y consumidor.

2. Fertilidad. La aplicación de abonos en los cultivos permite mejorar la fertilidad del suelo, por tanto, la aplicación de estiércol de cualquier especie pecuaria sobre los cultivos hace que los rendimientos productivos mejoren, en este caso permite mejorar la

estructura y aumenta su capacidad de campo; adicionalmente, la descomposición del estiércol genera calor en la época de frío el cual queda confinado dentro del túnel de plástico.

3. Calor. En la temporada de verano, las plantas reciben calor en forma natural el mismo que es necesario para el crecimiento, desarrollo y producción. Mientras que, en la etapa de invierno en los países de cuatro estaciones, la cubierta de plástico transparente se considera indispensable para proteger las plantas de las bajas temperaturas. El uso de cubiertas de plástico transparente durante el periodo de frío (invierno), permite inducir la brotación del nopal y obtener una producción durante todo el año, sobre todo en la época de invierno y los primeros meses del año, cuando las plantas de nopalito alcanzan precios más altos por su escasa producción.

4. Cortes frecuentes. El corte de los nopalitos o poda estimula la brotación de nuevas hojas en el cultivo. Cuando se alcanza el tamaño adecuado se debe cosechar para evitar una maduración extrema, si esto ocurre se inhibe la brotación de nuevas hojas. Los cortes frecuentes de la planta mantienen activas haciendo productivo al cultivo.

2.8 Producción

En las plantaciones de nopales en toda América y en otros sitios del mediterráneo, se desarrollan cultivos con escaso manejo cultural. Sin embargo, la producción de fruta de tuna es necesario disponer de cierta cantidad de agua durante el cultivo principalmente en la época de sequía con la finalidad de incrementar la producción y obtener tunas de calidad nutricional. Por los años de 2003, el consumo estimado percapita de nopalito en el país de México data 5,78 kg/año (SAGARPA, 2003) debido a que este producto forman parte de la dieta habitual de los habitantes, puesto que consideran como ingredientes principal para la gran variedad de comidas, incluyendo cremas, sopas, ensaladas, guisos, salsas, bebidas y postres, particularidad que han considerado debido a los efectos benéficos que propicia en la salud El nopal como verdura cuando se consume como producto fresco, debido a que es un tejido vivo sujeto a cambios continuos entre el momento de la cosecha y su consumo. Estos cambios influyen en la calidad reduciendo la vida poscosecha, y causando pérdidas económicas considerables. De acuerdo con lo por Flores-Valdez (1999), en México se llegaron a utilizar tres sistemas de producción de nopal como verdura: 1) nopaleras silvestres, 2) nopaleras en huertos familiares y 3) plantaciones comerciales.

2.9 Manejo postcosecha

La tuna siendo un fruto no climatérico que se obtiene a una temperatura promedio de 20 °C posee una baja cantidad de etileno (0,2 nl/g/h), además de una baja tasa respiratoria (20 µl CO₂/g/h) y no es sensible a la presencia de etileno. En el país de México la cosecha del nopal se obtiene todo el año, aunque la productividad no es estable, en primavera y se reduce a mediados de otoño y en el invierno. A pesar de ello, los sistemas de producción intensiva que se practican en 12 microtúneles, es considerable su productividad durante los meses de clima frío (Pimienta-Barrios, 1993). Aunque en otros estudios realizados sobre la conservación de este tipo de frutos revelan que los principales problemas de poscosecha constituye la pudrición y la deshidratación. En la actualidad ya existen técnicas adecuadas para evitar las pudriciones y consecuentemente las pérdidas de peso que propicia la aplicación de fungicidas y ceras y envoltorios plásticos. La utilización de ceras naturales y películas plásticas comestibles nuevamente empiezan a tomar importancia en el manejo de la postcosecha de los nopalitos (INIFAP. 2000).

2.10 Transporte

La naturaleza es sabia, produce los recursos naturales y normalmente se consume incluso sin ser conservado, este mismo producto cuando es producido en cantidades suficientes requiere de mecanismos de conservación, sin perder la calidad y la alteración. El nopal cuando se encuentra en la etapa de comercialización, el periodo de consumo y caducidad depende de diferentes factores como el tipo de cosecha, procedimiento de cosecha y característica del envase y embalaje, así como la temperatura en el momento de la cosecha, de transporte, almacenamiento y grado de humedad en su almacenamiento. Cuando los cladodios presentan un daño en la base, estos deben ser comercializados de forma inmediata y evitar un almacenamiento o transporte a mercados distantes, esto genera una pérdida por putrefacción hasta el 53 %. El daño de la base del cladodio es causa de la forma de cosecha, puesto que, al realizarse de forma manual, implica un alto riesgo de afectar la calidad del fruto o verdura (Rodríguez- Félix y Villegas-Ochoa, 1997). De tal manera, es necesario contar con un elevado nivel de tecnología para alcanzar los estándares de calidad y poder comercializar en los diferentes mercados, esta particularidad implica la búsqueda sistemática de una alternativa de aprovechamiento del cladodio y la fruta de nopal.

El almacenamiento del nopal a una baja temperatura es un método efectivo para reducir la pérdida de agua. Sin este mecanismo de refrigeración, los frutos se senescen de

forma acelerada y comienzan a ser susceptibles a pudriciones por la presencia de microorganismos, especialmente *Penicillium spp.* y *Alternaria spp.* La fruta de tuna es sensible al daño causado por el frío y la temperatura que soporta está. Además, está relacionada con la variedad genética, la época de cosecha en el año y las temperaturas ambientales durante el período de crecimiento.

2.11 Importancia del nopal

Por otro lado, se tiene conocimiento que el mucílago subproducto obtenido de la cosecha de nopal, esta pectina, es una característica típica de las diferentes especies de cactáceas. Este compuesto que se producen en el cladodios, piel y pulpa de la fruta de nopal, aunque en diferentes proporciones (Medina-Torres et al., 2003). La composición química del mucílago de nopal Ofi, es sujeto de estudios, Cardenas et al. (1997) determinándose que el mucílago es un polisacárido neutro que contiene arabinosa, ramnosa, galactosa y xilosa Paulsen y Lund (1979), además, el extracto de *Opuntia ficus-indica* se considera una mezcla de un glucano neutro, glicoproteínas y un polisacárido ácido compuesto de L- arabinosa, D-galactosa, L-ramnosa, D-xilosa y ácido D-galacturónico. Trachtenberg y Mayer (1981) señala que el mucílago al ser un polisacárido contiene 10% de ácido urónico, arabinosa, galactosa, ramnosa y xilosa.

La composición química del mucílago de nopal es similar para Madjdoub et al. (2001) cuyo compuesto de L-arabinosa, D- galactosa, D-xilosa y 19.4% de ácido urónico. McGarvie y Parolis (1981) encontraron que el mucílago de nopal está compuesto de una familia de polisacáridos altamente ramificados mediante una estructura de unidades de ácido α -D-galacturónico unidas 1-2 a unidades de β -L-ramnosa enlazadas 1-4 con ramificaciones en el C-4, las ramificaciones de oligosacáridos de galactosa las cuales llevan L-arabinosa y D-xilosa como sustituyentes.

CAPITULO III

3 PLAGAS Y ENFERMEDADES

La presencia de plagas y enfermedades a las especies vegetales es debido a la diversidad climática en el espacio hace que cambien las condiciones de vida de las especies en la naturaleza, esta particularidad hace que la presencia de otro tipo de especies vivas actúen como patógenos; las condiciones climáticas severas en ecosistemas de bosque o matorral seco, hacen que las actividades productivas se vean afectadas; dentro de las alternativas de producción que se pueden dar en estos ecosistemas conjuntamente con el factor agua es una limitante del cultivo de tuna *Opuntia ficus indica* L (Vargas, A., A., F., & Basaldua, J. 2008).

La presencia de plagas y enfermedades que afectan al cultivo de nopal tunero daña el nopal de verdura, sin embargo, el manejo y cuidado de este cultivo, además los daños causados por plagas no se consideran de importancia, excepto la presencia de la grana o cochinilla. Esta plaga que se hospeda dentro de los túneles cultivados de nopal y una vez establecida, es imposible su control, esta cochinilla ocasiona la muerte de la totalidad de las plantas. El ciclo biológico de este insecto no es interrumpido por las bajas temperaturas de la época invernal ya que el invernadero le protege a este insecto mantiene vivo afectando únicamente al nopal (Vargas, A., A., F., & Basaldua, J. 2008).

El control de la grana cochinilla es difícil, siendo necesario vigilar constantemente la plantación con la finalidad de detectar los primeros indicios del insecto y someter a un proceso de control para evitar su establecimiento. El control que se sugiere para eliminar las pencas infestadas, friccionar las granas dispersas con una escoba o cepillo y posteriormente aplicar con jabón en polvo disuelto 5 gramos por litro de agua o silicio inorgánico (3 g/l de agua con una boquilla que fragmente bien las gotas de agua) dirigida a las plantas que están parasitadas y a las plantas dentro de cultivar de nopalito donde se localizó la infestación. El control químico es una buena opción, sin embargo, es preciso corroborar los intervalos de seguridad entre la aplicación y la cosecha (Vargas, A., A., F., & Basaldua, J. (2008).

Las enfermedades propician pudriciones causadas por el daño mecánico producidos por la herramienta durante la labor cultural de la deshierba y/otra actividad. Estas pudriciones normalmente se consideran graves, generalmente ocurren en la penca madre causando la pérdida total de la planta.

En el traslado de las pencas al terreno y durante el establecimiento de la plantación, es común que se ocasionen heridas y magulladuras, que, asociadas al exceso de humedad, propician la presencia de enfermedades, sobre todo pudriciones bacterianas durante la etapa de arraigo de las plantas. Estas plantas deben eliminarse conforme se van detectando, ventilar el sitio de plantación y posteriormente reponerlas. Una vez arraigada la planta disminuye la presencia de pudriciones (Vargas, A., A., F., & Basaldua, J. (2008).

3.1 Plagas

El manejo integral del cultivo reforzará la buena salud que además reduce en gran medida la aplicación de productos químicos en forma innecesaria (Hamon, A. B., & Kosztarab, M. L. (1979).

Se han reportado en el nopal más de 222 enfermedades de tipo fungoso y bacteriano y viral, de las cuales la pudrición de la raíz son las más devastadoras en algunos casos la combinación de estos patógenos puede causar pérdidas de hasta el 90 % de la producción (Hamon, A. B., & Kosztarab, M. L. (1979).

Biología y daños: ciclo de vida de 11 a 15 días de huevo adulto. La hembra ovoosita hasta 800

La Escama o conchuela es un insecto que se presenta en todos los sectores los cultivos de nopal, específicamente en las plantas aisladas que causo un nivel de incidencia alto, cubriendo casi la totalidad del cladodio y compitiendo con la cochinilla del carmín en huertos. Este insecto inserta el estilete bucal en el cladodio con la finalidad de succionar la sabia, produciendo una necrosis o amarillamiento del tejido superficial de la penca. Este insecto se lo radica en la superficie del cladodio, vive a expensas de la tuna y la mayoría cubren la totalidad del cladodio (Hamon, A. B., & Kosztarab, M. L. (1979).

Escama o conchuela. – La escama es un insecto que está presente en todos los sectores, especialmente en las plantas aisladas a un nivel de incidencia elevado, en algunos casos cubre casi la totalidad del cladodio con la cochinilla del carmín en huertos. Este tipo de insecto inserta los estiletes bucales en el cladodio y succiona la sabia, produciendo necrosis y amarillamiento en el tejido superficial de la penca.



Figura 16. Escama o conchuela.

La presencia de la Escama se caracteriza por ser de tipo económica significativa, se encuentra en la mayoría de las plantaciones cultivadas y silvestres de la tuna, debido a que es el propio campesino quien la reproduce, la cochinilla actúa sobre el cladodio de la misma manera que la escama. Produce en casos de gran infestación un adelgazamiento del cladodio debido a la pérdida de la sabia.

Son fácilmente distinguibles en el cladodio porque se agrupan formando colonias cubiertas de polvillo blanco. Las hembras son móviles desde su nacimiento, luego permanecen pues su pico clava en el cladodio absorbiendo la sabia. Los machos son diferentes, presentan un aparato bucal atrofiado que torna a estos individuos frágiles con periodos de vida corta por no poder alimentarse por su propia cuenta (Vargas, A., A., F., & Basaldua, J. (2008).

Cochinilla. – La cochinilla tiene importancia económica, este insecto se ubica en la mayoría de las plantaciones cultivadas y silvestres del nopal, esto se debe a que el productor de nopal reproduce, la cochinilla interviene sobre el cladodio causando el mismo efecto que la escama. En casos de una buena infestación causa adelgazamiento del cladodio por la pérdida de la sabia. Son fáciles de distinguir en el cladodio porque se agrupan en colonias cubiertas de un polvillo blanco. Las cochinillas hembras al nacer son móviles, pero posteriormente estas permanecen fijas con el órgano succionador de sabia clavado en el cladodio absorbiendo la sabia del nopal. Mientras que los machos son diferentes, presentan el aparato bucal atrofiado que hace que estos individuos sean frágiles y su periodo de vida sea relativamente corta al no poder alimentarse (Vargas, A., A., F., & Basaldua, J. (2008).

La **grana cochinilla** (*Dactylopius indicus* Green) es una especie que corresponde a los hemipteros dactylopiidae. Su biología y habito de vida es que estos ovopositan en

promedio de 150 a 160 huevos. El daño que causa esta plaga en el nopal es en la parte basal de la planta, apareciendo masas que dan la esencia de algodón y en su interior se encuentra el insecto hembra.

Al ser aplastado este libera una sustancia de color rojo carmín que provoca la caída de los frutos del nopal y consecuentemente causa pérdida de los frutos y vigor de la planta. Para controlar esta plaga se realiza un barrido mecánico. También se puede aplicar por tres ocasiones semanalmente con una solución de detergente biodegradable en una dosis de 5g/litro de agua. En las plantas de tuna infectadas. Biológicamente se controla aplicando catarnita *Chilocorus carti* (coleóptera: coccinelidae) las mismas que devoran a las hembras. La aplicación de productos botánicos tales como el bioshampoo o clorpirifos etil y el control químico se basa en la utilización de malation (paration metílico triclorton) (Vargas, A., A., F., & Basaldua, J. (2008).

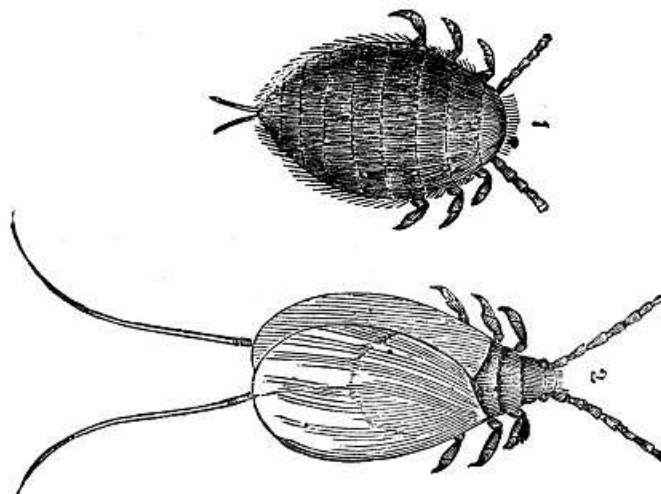


Figura 17. Grana cochinilla



Figura 18. Periquito de la tuna.

La plaga periquito se puede identificarse fácilmente por su patrón de colores, salta al momento de sentir la presencia extraños. La presencia de este insecto marca en la

parroquia de Malacatos (sectores San Francisco Alto y El Pedregal). El sitio en el cual no se observó daños causados directamente a la planta, pero el nivel poblacional es relativamente alto.

Barrenador. - este es otro de los insectos que pertenece al grupo del lepidóptero. El barrenador en estado larval constituye la galería en el interior de las pencas y a manera de protección contra agentes externos, este insecto teje hilos sedosos y luego deposita sus excretas en la entrada que hace fácil su ubicación, las excretas al mezclar con la sustancia epidérmica de la penca forma una masa endurecida. En la parte interior del cladodio la larva construye una galería que torna la epidermis dura y necrótica. El lepidóptero *Laetilia coccivora* Comstock se conoce como depredador de Coccideos cuyas características se puede tratar. Este insecto es una pequeña polilla de color gris oscuro, antes de comenzar a construir un capullo se transforma en pupa, este periodo dura 30 días en condiciones de laboratorio (Hamon, A., & Williams, L. (1984).

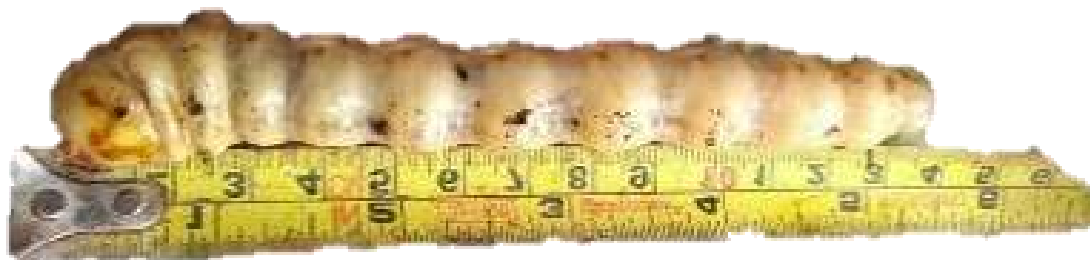


Figura 19. Barrenador.



Figura 20. Mariposa amarilla.

Mariposa amarilla. - este insecto se encuentra en los cultivos de tuna de la provincia de Loja - Ecuador, siendo su aparición en la época de floración y se constituye uno de los principales polinizadores de la tuna. El tamaño de la mariposa es grande, las características relevantes de este insecto es pertenecer a la subfamilia Pierinae debido a

que se presenta en la región basal costal de cada ala posterior donde existe una vena humeral (Hamon, A., & Williams, L. (1984).

Sírfido.- los sírfidos (Syrphidae) pertenecen a la familia díptero braquíceros, en estado adulto liberan el néctar de las flores adoptando el aspecto de himenópteros como las abejas y las avispas, los insectos adultos liberan el néctar de las flores adoptando el aspecto de himenópteros como las abejas y las avispas, con las que se confunden fácilmente, corresponde al grupo del insecto encontrado en el cantón Catamayo y en la ciudad de Loja - Ecuador. Este Sírfido es depredador de la *Dactylopius coccus* C. y *Opuntiaspis phyllococcus* C. en el estado de larva y estadio pupario en las espigas de las pencas (Hamon, A., & Williams, L. (1984).

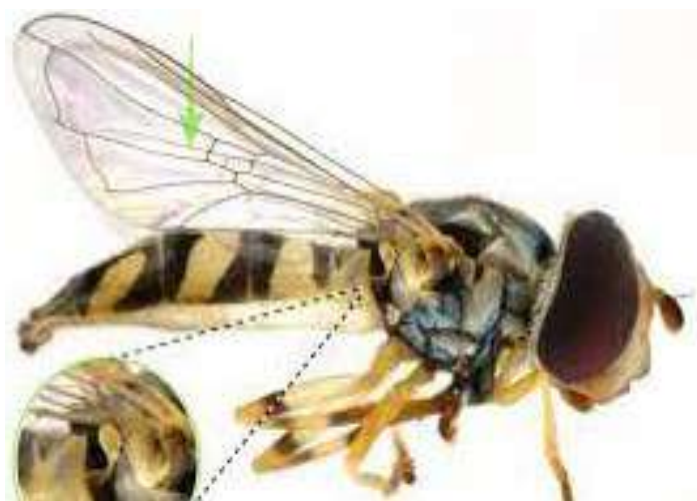


Figura 21. *Dactylopius coccus*



Figura 22. Chinche.

Chinche. – Es uno de los insectos que habita en el nopal, se encuentra tanto en cladodios jóvenes y viejos, la mayor infestación se observa en los brotes en estado de formación. Estos insectos succionan la sabia al insertar sus estiletes en la base de las

espinas, quedando estas heridas abiertas para que puedan ingresar bacterias y virus que causen otro tipo de enfermedad, sin embargo, no se aprecian daños mayores por la acción directa de este insecto (Hamon, A., & Williams, L. (1984).

Chinche gris científicamente conocido como *Chilindea tabulatus* Burmesiter que pertenece a los Hemineptors coreidae. Los adultos alcanzan una longitud de 1,3 a 1,5 cm, son de color café amarillento, las ninfas de color oscuras recién emergidas y posteriormente adquieren un color verde pálido. Los daños que causan este tipo de plagas es que cuando ovopositan se registra lotes de 5 a 15 huevecillos en las pencas y espinas. Las ninfas registran en 5 estadios, el sitio de inserción forma un margen circular claro con manchas que se tornan amarillas y luego la penca se debilita al incrementar el número de puntos de alimentación del chinche, afectando la producción de brotes y reduciendo el vigor de la planta. Esta plaga en estado adulto tiene instintos gregarios y en estado adulto cansan daño a la planta (Hamon, A., & Williams, L. (1984).

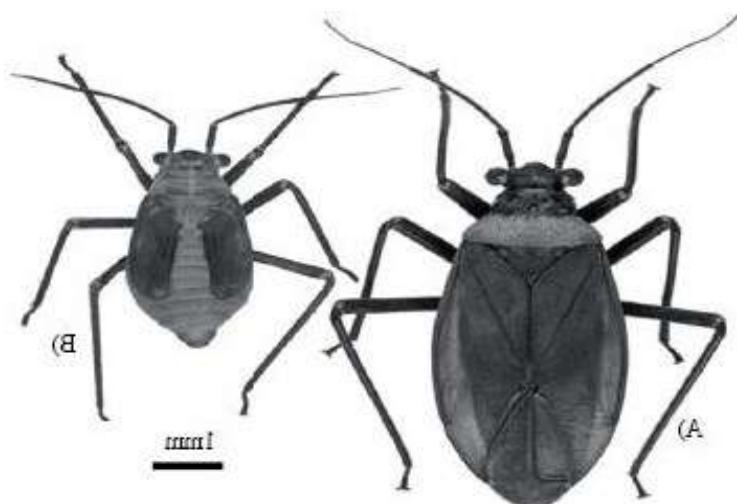


Figura 23. Chinche gris de nopal.

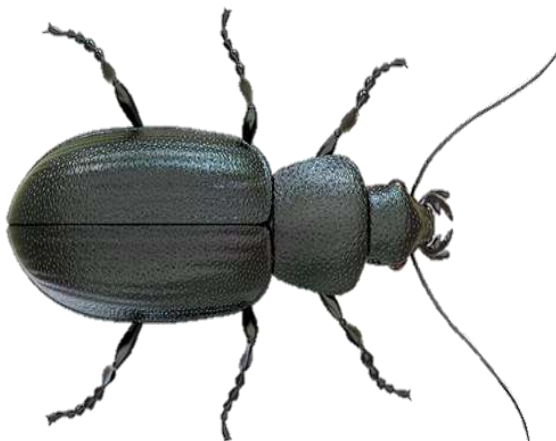


Figura 24. Escarabajo

Escarabajo. – este insecto se considera depredador de las escamas del nopal, su presencia en los tunales infestados de *Opuntiaspis phylococcus Cockerell*. Es un insecto pequeño cuya forma es esférica y participa en el control biológico de las escamas siendo productivo en este tipo de cultivares (Hamon, A., & Williams, L. (1984).

Escarabajo barrendero conocido como torito y científicamente *Monellema variolaris* Thomson que corresponde a la familia de coleoptoras cerambicidae; el macho adulto es de color negro brillante y las hembras tienen manchas grises, antenas largas y su cuerpo es oval y duro. El color de la larva es blancuzco y mide 4 cm de largo de cuerpo rugoso y cabeza es rojiza. Esta plaga hace túneles en el nopal, hace túneles de pudrición que causa debilitamiento y pérdida total o parcial de la planta. El escarabajo se controla eliminando a las larvas en os meses de noviembre o marzo cuando existe masas de goma endurecida en la base de la planta mediante extracciones manuales. Químicamente se controla fumigando en las partes afectadas con endosulfan o malatión (Hamon, A., & Williams, L. (1984).

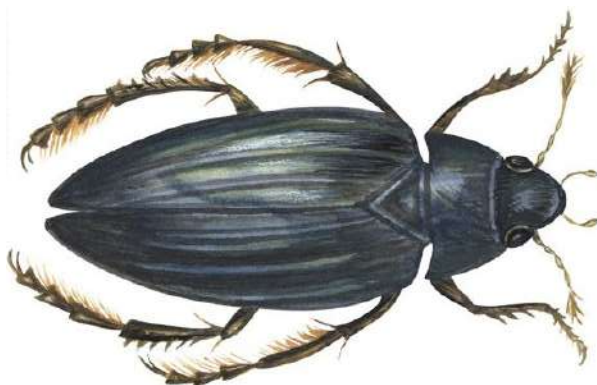


Figura 25. Escarabajo barrendero.



Figura 26. Chrysopa

Chrysopa.– El Insecto Chrysopa en estado larvario es neuróptero y juega un papel importante en el control biológico de la escama, se alimenta de esta sabia en los estadios finales de vida. Las larvas no son identificables fácilmente en el cladodio y se encuentra

cubierta por el polvillo blanco semejante de las cochinillas (Hamon, A., & Williams, L. (1984).

Hormiga Arriera. – este tipo de insecto ataca sobre los brotes jóvenes de la tuna, masticando y tronzado las hojas para luego llevar a construir su nido de las hormigas (Hamon, A., & Williams, L. (1984).



Figura 27. Hormiga arriera.

Hormiga Negra. – la hormiga negra se encuentra formando parte de la fauna de insectos de la tuna; sin embargo, no se han observado daños causados por este tipo de insecto en los cladodios, aun cuando este tipo de seres vivos están entre los nopales, su presencia asume en su mayoría que este insecto causa lesiones en el cladodio, debido a que al abrir se observa como si hubiesen formado un hormiguero en la parte interior de los cladodios. Este himenóptero se localiza cuando se realiza tareas de movilización sobre el cladodio de la tuna (Hamon, A., & Williams, L. (1984).



Figura 28. Hormiga negra.

Abejorro. - Presente en las plantaciones de tuna en época de floración, ya que este himenóptero es uno de los principales polinizadores de esta planta (Hamon, A., & Williams, L. (1984).

El abejorro se conoce comúnmente como el *Bombus terrestris* es una especie de himenóptero apócrito, pertenece a la familia de las Apidae; es uno de los abejorros más comunes de Europa. Tiene el cuerpo negro con bandas amarillas. Se diferencia de otras especies de abejorros por el color blanquecino del extremo del abdomen. Es un abejorro grande, la reina es de 2 a 2,7 cm de longitud y las obreras son de 1,5 a 2 cm. La probóscide o lengua de la reina puede ser de 10 mm de largo, con la de las obreras algo más corta (Hamon, A., & Williams, L. (1984).



Figura 29. Abejorro.

Araña Estrellada. La araña estrellada construye redes poligonales, en las que se concentra la base de hilos radiales y circulares que utilizan para atrapar las presas con la finalidad de regular de forma natural la presencia de insectos presentes en la planta de tuna (Hamon, A., & Williams, L. (1984).



Figura 30. Araña estrellada.

Araña Verde. - Este arácnido se localiza en todos los lugares del nopal también se conoce como araña dalmata, perteneciente a la familia de Oxyopidae y al del orden Araneae, se conoce como un regulador natural de la fauna insectil asociada a la tuna (Hamon, A., & Williams, L. (1984).



Figura 31. Araña verde

El **gusano blanco** (*Lanifera cyclades* Druce) en estado adulto se conoce como palomilla de color café claro y manchas oscuras cuyo borde de las alas es dorado. Este parásito pone de 30 a 50 huevos grisáceos de forma regular sobre los cladodios, la larva que emerge es de 2 a 3 cm y pueden formar grupos de 25 o más individuos, la larva adulta mide de 4,5 a 5,5 cm y forma la pupa dentro de la penca; al eclosionar penetra en forma lenta al interior del tejido parenquimatoso del cladodio alcanzando al eje central destruyendo la parte central del tallo (Hamon, A., & Williams, L. (1984).



Figura 32. Gusano blanco.

El **gusano blanco** ataca a la *Opuntia megacantha* e invadir la *Opuntia Streptocantha* y *Opuntia tomentosa*, el parásito adulto emerge en los meses de octubre. Esta plaga se elimina mecánicamente mediante podas sanitarias dirigidas a las partes afectadas, biológicamente se puede controlar utilizando hongos como la *Beauveria bassiana*, *Metarhizum anisopliae* cuando las larvas están infectadas dentro de la planta (Hamon, A., & Williams, L. (1984).

El **gusano cebra** (*Olicella nephelepasa* Dyar) es una larva blanca que mide 4,5 mm y en el siguiente estar negra tiene 12 franjas de color naranja que mide 6,9 mm y es de color azul grisácea. Esta plaga plifaga ataca la *Opuntia megacanta*, *Opuntia tomentosa*, *Opuntia ficus*, *Opuntia robusta*, *Opuntia streptacantha*, *Opuntia stenoptela*, cuando está en la fase de larva esta vive en el interior de este cactus en forma de abultamiento en la parte afectada y caen al suelo en estado de pupa. La presencia de pencas infestadas y destruidas con protuberancias implica presencia de gusano de cebra, el control biológico de la plaga se basa la presencia de moscas *Phorocera texana* y/o avispas braconida y el control químico a base de carbaryl (Hamon, A., & Williams, L. (1984).



Figura 33. Gusano cebra

Los Trips conocido científicamente como *sericotrips opuntiae* Hood o Thysanoptera: Thripidae el mismo que siendo adulto mide 10 mm de tamaño de color amarillo pálido. La biología y daños que causa en el ciclo de vida de huevo a adulto son de 30 días cuando las condiciones ambientales son cálidas y secas que favorecen al desarrollo y reproducción.



Figura 34. Trips

Los daños que causan al nopal inician en los brotes de yemas foliares y la vegetación al raspar y succionar la savia de las pencas de los frutos del nopal, las ninfas adultas provocan la formación de manchas amarillas o plateadas y excrementos oscuros que posteriormente se seca causando pérdidas económicas por atacar principalmente a los frutos y las partes vegetativas, merma la calidad del fruto y se considera un vector que transmite virus principalmente. Su control es físico colocando trampas azules o amarillas

con pegamento, cuando es necesario se aplica por nebulización malatión o paration metilo (Hamon, A., & Williams, L. (1984).

3.2 Otro tipo de plagas.

La araña roja conocida científicamente como *Tetranychus urticae* que ataca únicamente a los brotes tiernos, se detecta realizando inspecciones de depredadores naturales, su control se basa en la utilización del químico dicotoi, ometoato o malation.



Figura 35. Araña roja

La perlilla de la tuna más conocida como *Aceria cactorum* que corresponde a la familia de los ácaros los mismos que se ubican alrededor de las espinas que propician a la formación de un color grisáceo tornándose posteriormente un color café. Su control se basa en la utilización de químicos como los insecticidas usados para la araña roja.

La **mosca de la fruta** conocida como *Ceratits capitata*, en el caso de la hembra, esta ovoposita dentro del fruto causando pequeñas perforaciones y permitiendo el ingreso de Fito patógenos que causan la pudrición del fruto, las larvas se alimentan del interior del fruto propiciando la posibilidad de causar mayor daño patológico. El control se realiza utilizando malation más proteína hidrolizada (Hamon, A., & Williams, L. (1984).



Figura 36. Mosca de la fruta en el nopal.

Gusano cogollero: se conoce con el nombre científico *Spodoptera spp*, su hábito alimenticio se basa en las pencas tiernas y jóvenes causando deformaciones. El control químico se basa en la utilización de *Bacillus trugiensis* o carbaril (INIFAP. Jiménez-Hernández, Y., & et_al. 2007).



Figura 37. Gusano cogollero del nopal

Caracol: conocido con el nombre científico de *Helix aspersa*. Esta especie se alimenta a base de la sabia elaborada que se encuentra en la superficie de las pencas de tuna. Su control se basa en el retiro manual de este molusco con la finalidad de reducir la acumulación de la humedad o también se puede aplicar un producto molusquicida a base de metaldehído (INIFAP. Jiménez-Hernández, Y., & et al. 2007).



Figura 38. Caracol del nopal

3.3 Enfermedades

El problema que causan los plaguicidas sintéticos en el cultivo de nopal señalada por los agricultores en Tlalnepantla Morelos no pueden exportar la producción a diferentes países del mundo, debido a que este producto tiene residuos tóxicos en los frutos desde la producción, incluso cuando se utiliza en cultivos asociados donde se asocian con otras plantas en el mismo espacio. El cultivo de nopal es uno de los emblemas de México, por tanto, es una planta cultivada en los altos de Morelos, en donde la mayoría de los agricultores se dedican al cultivo de esta hortaliza, que ha tenido problemas con las exportaciones, hasta la actualidad no se ha logrado certificar a muchas plantaciones

debido a que el principal problema es la utilización de plaguicidas de manera intensiva (INIFAP. Jiménez-Hernández, Y., & et_al. 2007).

Las principales enfermedades del cultivo de nopal tienen características especiales por los organismos patógenos de diferentes especies, estas provocan daños irreparables en el tejido vegetal de los cladodios, debido a que gran parte son agresivas y causan daños que hace que reduzca las poblaciones del cultivo de la tuna (INIFAP. Jiménez-Hernández, Y., & et_al. 2007).

3.3.1 Tipos de enfermedades

Fusarium sp, la principal enfermedad reconocida en el nopal es el Fusarium o más conocida como “Lágrima de espelma” y en otros países se conoce como lagrima de vela, determinada con ese nombre gracias a la secreción que sale de los cladodios que es de color blanquecino el mismo que luego de su plantación provoca un goteo que se solidifica dándole una forma característica. Esta enfermedad se puede encontrar en los sectores de tuna debido a que este es un patógeno que ataca a la gran diversidad de hospederos patógenos y no patógenos (INIFAP. Jiménez-Hernández, Y., & et_al. 2007).



Figura 39. *Fusarium sp*.

Los síntomas que provoca el fusarium empiezan con una mancha acuosa de forma circular, en el centro del cladodio, posee un color café oscuro y bordes acuosos. A medida que se acentúa el fusarium, la mancha café se deprime desde el centro y toma un color café, en primera instancia alcanza un diámetro característico de 1 cm en la penca joven, luego alcanza un diámetro promedio de 2,5 cm a 5 cm. Mientras los cladodios recién formados, esta enfermedad presenta una distribución ilimitada al centro y se distribuye en los bordes, de preferencia entre la parte media y superior, incluso llega a cubrir más del 50 % del área del cladodio (INIFAP. Jiménez-Hernández, Y., & et_al. 2007).

El fusarium en los cladodios propician pudriciones blandas dispersas, en un cladodio o varios en una planta así como en el cultivo, aunque se puede notar que en otras plantas también pueden presentarse en estado acuoso o lignificado que comprometen las dos caras del cladodio del nopal, finalmente llegando a provocar una marchitez en la zona afectada y luego propiciar una costra de coloración negro con una cubierta de polvillo que desprende del cladodio, la misma que se considera una señal de defensa de la planta frente a esta enfermedad.

En las poblaciones silvestres las plantas viejas de una edad superior a cinco años con cladodios formados, esta enfermedad se puede identificar como pequeñas lesiones de color café clara, forma circular y al incrementar el tamaño se deprimen el perímetro y la parte inferior de la mancha se abre; en la tuna se presenta en la etapa una coloración negra, las manchas van cambiando he incrementado su tamaño, varios cladodios se unen y producen abolladuras formando costras de color negro cubierto con un polvillo blanco, esta enfermedad causa perforaciones en el cladodio. En otros casos las lesiones no logran alcanzar su pleno desarrollo quedando pequeñas y lignificadas sin llegar a comprometer el tejido interno del cladodio (INIFAP. Jiménez-Hernández, Y., & et_al. 2007).

Alternaria sp. y Capnodium sp. A esta enfermedad se denomina “Mancha Plateada”, la misma que se encuentra en la mayoría de los sectores investigados. Principalmente se encuentra en las plantaciones con más de cinco años de establecimiento y poblaciones silvestres, la enfermedad es notoria debido a que la mancha tiende a extenderse a partir de la base de la planta, llegando a cubrir las dos terceras partes. Esta mancha plateada es causada por el ataque de un complejo de hongos, según diversas observaciones realizadas en el campo, donde sobresalen la Alternaria y Capnodium.



Figura 40. Alternaria sp. y Capnodium sp

La Alternaria sp. y Capnodium sp. inicia con la presencia de pequeñísimas erupciones en la epidermis del cladodio, de aspecto clorótico que muestra la plantación, una puntuación rojiza es provocada por una lesión que puede evolucionar o no, quedándose pequeña y abriéndose levemente en la parte superior. Las pequeñas

erupciones se pueden observar sobre los pseudoescudos de color café claro, al evolucionar estas tienen una forma redonda manteniendo su apariencia de pseudoescudo con una pequeña protuberancia en el centro.

Estas lesiones son de mayor tamaño y se observan levantando el escudo por uno de sus extremos y en cuyo centro se observa una tonalidad café oscuro, en otras ocasiones se puede apreciarse en el centro una depresión y rodearse de un halo carnososo, esta enfermedad es reconocida perfectamente debido a que las manchas se rodean de polvillo gris o pardo que al coalescer forman una mancha de color pardo que cubre la totalidad de las pencas.

La enfermedad causada por *Colletotrichum sp.* y *Glomerella sp.* es conocida como la Antracnosis se caracteriza por poseer puntuaciones negras sobre la fase sexual de la *Glomerella sp.*, la misma que causa pérdidas económicas en el cultivo del nopal debido a que su afección que se localiza en los cladodios (INIFAP. Jiménez-Hernández, Y., & et al. 2007).



Figura 41. *Colletotrichum sp.* y *Glomerella sp.*

Sintomatología: la antracnosis se caracteriza por iniciar su afección en la base de las espinas, causando presencia de pequeñas manchas cloróticas y amarillentas que se distribuyen en torno a las espinas de manera aislada. Conforme avanza la mancha, la enfermedad va cambiando a una coloración café rojiza, y luego toma una coloración café claro, formando anillos concéntricos de coloración café rojiza más intensa, entre los anillos que se definen puntuaciones negras que extienden por toda la mancha, estas puntuaciones corresponden a los peritecios en la fase sexual a *Glomerella sp.*

En las últimas fases, esta enfermedad propicia varias manchas en los costados y se forman manchas irregulares provocando que los bordes sean ondulados en todo el cladodio, la mancha propicia un color blanco cremoso conforme el cladodio se seca en la parte afectada dando un aspecto característico a la enfermedad (INIFAP. Jiménez-Hernández, Y., & et al. 2007).

En la inoculación con *Alternaria sp* y *Capnodium sp* no produce síntomas en el campo. Es importante manejar las condiciones de humedad y temperatura óptima para evitar este problema. En las observaciones realizadas en el microscopio se puede observar únicamente micelio y esporas de *Alternaria sp.*, y se asume que la presencia de *Capnodium sp.*, no presenta debido a las condiciones de temperatura y humedad que no fueron ideales (INIFAP. Jiménez-Hernández, Y., & et al. 2007).

Incidencia y severidad

La incidencia y severidad de algunas enfermedades de la *Opuntia ficus-indica* en relación con el número de cladodios enfermos por planta está en función del tipo de enfermedad, desde este punto de vista, la principal enfermedad que se considera en el nopal por su incidencia es la Lagrima de Espelma cuyo agente causal es el *Fusarium sp.* Donde la incidencia es de 37,4 cladodios enfermos en plantaciones adultas.

3.3.2 Control de enfermedades

El control de enfermedades utilizando fungicidas debe realizarse con un tiempo prudencial de al menos 30 días con la finalidad de que los residuos de los químicos no afecten a la salud de los consumidores (Maki-Díaz, Griselda. Et al. 2015).

Según Aldana et al. (2008) la verdura de nopal ha enfrentado problemas serios debido al uso irracional de plaguicidas sintéticos utilizados para controlar las plagas y enfermedades. A este problema se adiciona el uso inapropiado de estos productos que incrementa la posibilidad de obtener productos libres de agroquímicos sintéticos.

Esta práctica, los productores hacen que se eleve los costos de producción por el uso de químicos, provocando daño al medio ambiente e intoxicaciones a los consumidores y trabajadores que están inmiscuidos en el manejo de plaguicidas (González-Cruz, L et al., 2012). El SENASICA (2014), a realizar los respectivos monitoreos durante el periodo de 2011 al 2013, en 29 plantaciones de 22 estados de México incluyendo al estado de Morelos, el cultivo de verdura se encuentra contaminada la producción primaria siendo necesario promover actividades sostenibles que vele por el ecosistema y la salud de la población.

Tabla 04.

Plagas y Enfermedades del nopal.

PLAGAS O PATÓGENOS	DAÑOS
PICUDO BARREBADOR (CACTOPHAGUS SPINOLAES GYLL)	Los adultos se alimentan de los tejidos de los tallos o pencas más jóvenes, las larvas al nacer se alimentan de los tejidos formando galerías en el interior de las plantas y en las partes afectadas se acumulan secreciones gomosas, como respuesta de la planta al daño.

GUSANO BLANCO (<i>LANÍFERA CYCLADES</i> DRUCE)	Las larvas forman colonias sobre las pencas protegiéndose con una malla o tela de seda y penetran paulatinamente por toda la penca hasta llegar al eje principal de la planta afectando los tejidos leñosos y perforando la porción medular.
GUSANO CEBRA (<i>OLYCELLA</i> <i>NEPHELEPSA</i>)	Proviene de un adulto que es una mariposa la cual pone sus huevecillos sobre las pencas, las larvas se desarrollan dentro de las raquetas formando abultamientos con aspecto de tumor. Su cuerpo está formado por anillos azulosos y negros.
PICUDO DE LAS ESPINAS (<i>CYLINDROCOPTURUS</i> <i>BIRADIATUS</i>)	Los huevecillos son depositados en la base de las espinas y entre junio y julio nacen las larvas que comienzan a alimentarse dando lugar a un escurrimiento que forma escamas y bandas de secreciones que pronto se endurecen las larvas causan desecamiento en la base de las espinas.
CHINCHES (<i>CHELINDEA</i> <i>LABULATA</i> Y <i>HESPEROLABOPS</i> <i>GELASIOPS</i>)	Tanto los adultos como las ninfas succionan la sabia de la planta inyectando sustancias tóxicas, las pencas adquieren una coloración café oscuras que al secarse se levantan y agrietan la superficie.
GRANA SILVESTRE (<i>DACTYLOPIUS INDICUS</i>)	Se desarrolla sobre las pencas succionando la sabia y provoca un área clorótica, ocasiona el debilitamiento general de la planta.
MANCHA DE ORO	Se presenta en las plantaciones abandonadas o en aquellas a las que no se les ha dado el cuidado adecuado, se manifiesta por manchas de color amarillo.
ENGROSAMIENTO DE LA PENCA	Las pencas presentan mal floraciones adquiriendo una forma tubular y puede traer como consecuencia un envejecimiento prematuro de las mismas.
MANCHA CAFÉ	Se presenta generalmente en épocas de lluvia, formándose manchas circulares u ovales de color café que finalmente cambia a negro.

CAPITULO IV

4 LA COCHINILLA

A partir del siglo XVI, los habitantes europeos identificaron el valor monetario de la cochinilla en la industria de textil, esta reducción de colorante (ácido carmínico) se promovió su producción en forma de monopolio en el estado de Oaxaca, en articulación con la producción de seda originaria de Asia, esto ocurría por el consumo de este colorante en ambas Monarquías consideradas como noblezas del alto clero y grupos sociales. De la misma manera ocurría, con los artistas de Europa, el Imperio, Otomano, India, China y Japón, durante los siglos XVI y a mediados del siglo XIX, tiempos en los cuales se utilizaba los colores rojos producidos por la cochinilla producida en México que utilizaban para colorear sus obras.

La grana cochinilla es un insecto que probablemente se originó en Sudamérica (Rodríguez et al., 2001). Considerando que Perú es el principal productor mundial de grana cochinilla y productos derivados de ella, la producción anual data en 885 toneladas, de las cuales 400 toneladas aproximadamente son exportadas en forma de cochinilla seca, también se considera un consumo interno de la grana cochinilla como colorante de carmín y ácido carmínico.

La producción de grana cochinilla en su mayor parte procede de plantaciones de tunas natural, en dónde los insectos son cosechados como una actividad complementaria para generar ingresos de los campesinos. Debido a la falta de prácticas culturales en el cultivo de tuna, la infestación natural y el costo de bajos salarios en las zonas productoras, los costos de producción en la nación peruana son bajos; sin embargo, la calidad de la grana cochinilla colectada en ciertas ocasiones no cumple con las expectativas del mercado y los requerimientos, en términos de homogeneidad y concentración de ácido carmínico (Flores-Flores y Tekelenburg, 1995).

Por los años de 1989, luego de superar los requerimientos sanitarios exigidos por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) de la nación chilena, la grana cochinilla fue obtenida desde el Perú a la IV Región. Puyes las exportaciones de grana cochinilla seca inició por el año 1994 y los volúmenes y montos se elevaron de manera considerable al transcurrir el tiempo, hasta alcanzar a cubrir más del 15 % de la demanda mundial de grana cochinilla, lo que representó durante 1997 un ingreso superior a los 4 millones y medio de dólares.

En el estado de Chile, la producción de grana cochinilla fue en forma tecnificada, con un sistema de riego y fertilización en las diferentes plantaciones de nopal, de modo que se obtiene un rendimiento volumétrico y de calidad de la grana cochinilla como la mejor del mundo. Sin embargo, la caída drástica de los precios además de los altos costos de producción asociados con las prácticas de manejo imperantes en el país, el rendimiento de la utilidad de cada uno de los productores se ha visto reducido considerablemente.

Se han aplicado diferentes prácticas agronómicas destinadas al mejoramiento del estado de la planta y la calidad del insecto, incluyendo la práctica cultural de podas, riego y fertilización (Flores-Flores y Tekelenburg, 1995). Adicionalmente las estructuras mecánicas destinadas al control de los diferentes factores ambientales de vientos y lluvias han sido utilizadas con el fin de reducir la mortalidad natural e incrementar la densidad de insectos en la planta (Aquino y Bárcenas, 1999). Sin embargo, las dos estrategias permitieron incrementar considerablemente los costos de producción y consecuentemente los resultados se vuelven discutibles, por lo que es necesario utilizar alternativas que permitan mejorar los rendimientos de producción de grana cochinilla y/o ácido carmínico de forma rentable.

En la historia antigua de México se afirma que la cochinilla era de gran cuidado, incluso mucho más que el gusano de seda. Se conoce que factores como la lluvia, el frío, y vientos causaban daño; la presencia de pájaros, ratones y orugas devoraban a este insecto, por lo que era indispensable mantener limpio los cultivos de nopales lugar donde se desarrolla este insecto.

En las épocas de lluvia preparaban en el interior de la casa, construcciones en forma de nidos hecho con heno de borra o de algo parecido junto a las hojas de la tuna con un valor nutritivo importante en el sustrato que utilizan en su alimentación de la grana cochinilla. Antes de procrear, la hembra cochinilla cambia de piel; para eliminar los habitantes de México prehispánico se valían de la cola de conejo, que permitía manipular con delicadeza para evitar despegar al insecto de las hojas de cladodio sin dañarlo.

En cada cladodio se colocaba tres nidos y en cada uno de ellos se ubicaban hasta quince cochinillas hembras, entre año y año se esperaba tres cosechas con su respectiva reserva de insectos como futura generación; la última cosecha no era muy apreciada debido a que era demasiado pequeñas y la producción no era pura puesto que iba con residuos de corteza del nopal producto del raspado.

El sacrificio de la cochinilla consistía en sumergir en agua caliente, luego secar, esta actividad era de gran cuidado puesto que de ello depende la calidad del carmín. Para ello disponían tres métodos como el secado al sol, en hornos de pan y en el Tamazcal.

Al igual que los miembros del género del carmín de cochinilla, la aparición de los tintes sintéticos fueron una competencia de los que se disponía en base al tinte cochinilla, y por otro lado más económicos, lo que han hecho que el cultivo de cochinilla vaya en decremento. Sin embargo, en los últimos años la prohibición del uso alimentario y cosmético de los colorantes artificiales ha propiciado nuevos emprendimientos para cubrir la demanda de la cochinilla de México y americana.

La producción de cochinilla se orienta a la producción y exportación bajo la modalidad de cochinilla seca, como en forma de ácido carmínico. En cuanto a cochinilla, en 1994, los principales mercados de exportación fueron Alemania (25 %) y España (25 %); mientras que en forma de carmín se exportó el 38 % a Estados Unidos y el 11 % a Francia.

Los precios en chacra en 1993 y 1994 fueron inferiores a 15 Nuevos Soles por kg de cochinilla seca, aunque para 1995 se han logrado precios que superan los 50 Nuevos Soles por kg. Alrededor del 80 % de la cochinilla exportada proviene de Ayacucho.

La cochinilla, por su parte, contiene una sustancia colorante denominada ácido carmínico, el cual ha sido ampliamente empleado desde épocas precolombinas.

Los usos de la cochinilla son diversos, entre ellos tenemos:

- a) En alimentación: para colorear bebidas (Campari), refrescos, jarabes, caramelos, helados, dulces, galletas, turrone, chicles, salsas, conservas vegetales, sopas deshidratadas, embutidos, encurtidos y productos lácteos.
- b) En la industria: para colorear dentífricos y cosméticos; en preparación de pinturas a la acuarela y para cintas de máquina de escribir y calcular; y, para el teñido de textiles.
- c) En medicina: para colorear células y tejidos en preparaciones microscópicas.

Tabla 05.

Composición química del carmín de cochinilla.

COMPONENTES	RANGO		
ÁCIDO CARMÍNICO	9	-	10
GRASAS	6	-	8
CERAS	0.5	-	2
AGUA	10	-	20
SUSTANCIAS MINERALES	15	-	30
SUSTANCIAS NITROGENADAS	15	-	30

Fuente: Diccionario Químico. 1959. Edic. Omega.

4.1 Clasificación taxonómica de la cochinilla

La clasificación taxonómica de la cochinilla es la siguiente:

Phylum:	Arthropoda
Clase:	Insecta
Orden:	Hemiptera
Suborden:	Sternorrhyncha
Superfamilia:	Coccocidea
Familia	Dactylopiidae
Género	Dactylopius
Especie	Dactylopius coccus Costa.

Fuente: (Coya M, 2015).

La grana cochinilla pertenece a la familia Dactylopiidae incluye únicamente al género *Dactylopius*, que incluye a diferentes especies: *Dactylopiidae bassi*, *Dactylopiidae austrinus*, *Dactylopiidae ceylonicus*, *Dactylopiidae confertus*, *Dactylopiidae opuntiae*, *Dactylopiidae salmianus*, *Dactylopiidae tomentosus*, *Dactylopiidae zimmemmanni*, *Dactylopiidae confusus* y *Dactylopiidae coccus*, siendo la última que presenta mayor importancia por su alto contenido de ácido carmínico en relación con otras especies (PRA, 2002).

Este tipo de insecto parasita a una diversa variedad de plantas que corresponden a los géneros de *Opuntia* y *Nopalea*; aunque casi siempre el hospedero es la especie de tuna *Opuntia Ficus-indica* es la grana cochinilla, donde este insecto se instala en las pencas para llevar a cabo el ciclo, desarrollo y reproducción. Este parásito de nopal es oriundo de México y de los países andinos como Ecuador, Perú y Bolivia (Inglese, P., G. Barbera, and T. La Mantia. 1999).

4.2 Utilización de la Cochinilla

La tuna tiene muchísimos usos, utilizándose la totalidad de la planta en alimentación y en la industria; además, la fruta tiene buena aceptación entre el público nacional y extranjero, mostrando alto contenido de minerales y de algunas vitaminas. Entre sus usos podemos enumerar (González, M., J. Méndez, A. Carnero, M.G. Lobo, and A. Alfonso. 2002):

- a) En alimentación humana: brotes tiernos; fruta de mesa; colorantes de alimentos para la industria alimentaria en néctares, jaleas, mermeladas, almíbares, mieles, quesos, licores y deshidratados.

- b) En química industrial: caucho sintético, mucílagos, adherentes, anticorrosivos, gomas y floculantes.
- c) En aspectos pecuarios: en apicultura; semillas molidas (por su alto contenido de aceites); forraje proveniente de las pencas y frutos; y, como sustento de la cochinilla.
- d) En protección de parcelas: en la conformación de cercos vivos y
- e) En conservación de suelos: en formación, mejoramiento y protección de suelos.

4.3 Hábitat de la Cochinilla

Hábitat Este insecto vive sobre las pencas (las palas) de las tuneras o nopales, plantas cactáceas del género *Opuntia* y *Cereus*, como la tunera o chumbera presente en las Islas Canarias, *Opuntia maxima* Mill. Sobre las pencas, las cochinillas forman grandes grupos de poblaciones (Rodríguez, L.C., and H.M. Niemeyer. 2001).

En las pencas de las diferentes variedades de nopales de los géneros *Opuntia* y *Nopalea*, se parasitan con facilidad y pueden sostener poblaciones grandes de insecto hasta siete años, aunque si la infestación es con la cochinilla silvestre, las plantas pueden vivir hasta seis meses.

Las plantaciones tienen ciertas condiciones ambientales de alta sensibilidad para el insecto. Idealmente buscan una temperatura promedio de cerca de 20 °C, y una humedad relativa de 40%, sobre todo una baja precipitación, debido a que las lluvias “lavan” o desprenden la cochinilla (Rodríguez, L.C., M.A. Méndez, and H.M. Niemeyer. 2001).

La cochinilla que pertenece al orden de los hemípteros se caracteriza por poseer trompa chupadora, que le permiten establecerse en las plantas cactáceas (*Opuntia* y *Cereus*). El cuerpo es blando, plano y oval, las hembras no poseen alas y su longitud esta entre 5 y 6,5 mm, mientras que los machos poseen alas y son pequeños, miden alrededor de 2,2 mm de largo (Rodríguez, L.C., M.A. Méndez, and H.M. Niemeyer. 2001).

La producción de ácido carmínico que se encuentra en el interior del cuerpo de la grana cochinilla hembra. Este insecto hembra está dispuesto en grupos grandes que parecen una almohadilla blanca sobre la planta.

4.4 Alimentación de la cochinilla

La alimentación en la que se basa la grana cochinilla es del tipo fitófaga; es decir, emplea un estilete bucal a través de trompas largas que le sirven para tomar el alimento de la savia de las tunas y cuando pierde la conexión con la planta, es imposible que este parásito se adhiera y pueda seguir alimentándose, lo que le conduce invariablemente a la muerte. (Aquino, L.; Rodríguez, J.; Méndez, L. y Torres, K. 2009)

La grana cochinilla se alimenta de la savia de las plantas en las que habitan, la savia que absorben a través del aparato bucal se caracteriza por ser una trompa.

El proceso de alimentación de la grana cochinilla hembra consiste en quedar inmóviles para lo cual penetran el aparato bucal en el tejido del cactus para la respectiva succión de la savia del nopal. Tras el proceso de apareamiento, la hembra fertilizada incrementa de tamaño y procrea a las pequeñas ninfas.

Las de esta especie grana cochinilla (ninfas) secretan una especie de cera de color blanco para la protección de sus cuerpos y del exceso de agua. Esta sustancia de producto hace que la grana cochinilla tome la apariencia externa de color blanco o gris, mientras que el cuerpo del insecto produce en su estructura interna el pigmento rojo, con la tonalidad púrpura oscuro.

Es en la etapa de primera ninfa que se dispersa la cochinilla. La grana cochinilla en esta etapa se traslada a un lugar de alimentación, generalmente al borde de los cladodios del cactus, donde comienzan a producir filamentos de cera. Estos filamentos son cerosos que permiten ser arrastrados por el viento, logrando ser trasladados a un nuevo huésped (PRA. 2002).

La grana cochinilla se establece en sitios de alimentación en el nuevo huésped y producen una nueva generación de cochinillas. El grupo de ninfas machos se alimentan de los cactus hasta alcanzar la madurez sexual, cuando estos se maduran no se alimentan y sólo disponen de tiempo para la copula con la hembra antes de perecer, por lo tanto, son difícilmente observados (PRA. 2002).

En la tabla 00, según los resultados del análisis proximal el cladodio de nopal amarillo, presentan un alto contenido de agua, siendo una característica de estas plantas; el contenido de proteínas de los cladodios de cosechados al mes registran un promedio de 0,94 %, siendo elevada en relación a los cladodios de un año, que alcanzaron un promedio de 0,48 % de proteínas; en cuanto al contenido de grasa no se observa mucha diferencia; en tanto que el contenido de fibra se observa que conforme va madurando el cladodio el

contenido de fibra va aumentando; y en la parte interna se forma una red maciza de celulosa; con relación al contenido de cenizas, incrementa en función de la edad; por consiguiente aumenta la presencia de elementos minerales; mientras que el contenido de carbohidratos registran cantidades apreciables, lo que significa que los cladodios pueden ser provechosos como una fuente de energía para el consumo del ser humano.

Los cladodios de un mes presentan un alto porcentaje de vitamina C que van desde 37,27 mg de ácido ascórbico/100g de penca de nopal, en relación con los cladodios de un año que alcanzaron un promedio de 23,11 mg de ácido ascórbico /100g de penca aproximadamente; esto puede deberse a que en la mayoría de los brotes y semillas de la planta se concentran una gran cantidad de vitaminas que van reduciendo conforme ésta se desarrolla o se va madurando.

Tabla 06.

Composición proximal del cladodio amarillo.

COMPONENTE	CLADODIO 1 ES DE EDAD	CLADODIO 1 AÑO DE EDAD
HUMEDAD %	92.57	94.33
PROTEÍNA, %	0.94	0.48
GRASA, %	0.17	0.11
FIBRA, %	0.30	1.06
CENIZAS, %	0.08	1.60
CARBOHIDRATOS, %	5.96	2.43
VITAMINA C (MG/100G*)	37.27	23.11
CA, %	0.042	0.339
NA, %	0.0018	0.0183
K, %	0.00098	0.145
FE, %	0.0729	0.322

*Los Resultados se dan en mg de ácido ascórbico / 100 g de penca fresca.

En la tabla 06 según el análisis de degustación los productos a base de cladodio de nopal como el curtido de nopalito, saltado de tuna y ceviche de tuna. Se registra un 50 % de aceptabilidad dado por la población, el 20% de los catadores mencionaron que el producto es excelente, el 20% manifiesta que es satisfactorio y únicamente el 10% señala que el producto es regular. Los resultados permiten mencionar que los productos preparados a base de cladodio fuer aceptado, sin rechazo.

Además, coincidieron manifestando que el cladodio básicamente por la presencia de goma o mucílago, y al no estar acostumbrado a su consumo en la gastronomía peculiar de alimentos, debería ser extraída lo más que se pueda sin dañar su valor nutritivo. Para la preparación el cladodio o para cualquier otro alimento de tipo culinarios.

Tabla 07.

Resultados de la degustación del cladodio.

<i>Calificación</i>	<i>Porcentaje</i>
<i>Excelente</i>	20
<i>Bueno</i>	50
<i>Satisfactorio</i>	20
<i>Regular</i>	10
<i>Malo</i>	0

4.5 Reproducción de la cochinilla

La grana cochinilla hembra mantiene los huevecillos hasta que eclosionan las ninfas. Estas hembras clavan su aparato bucal en el cladodio para extraer la savia y quedar fijas hasta que mueren. Una grana cochinilla hembra produce de 150 a 400 huevos y su ciclo biológico es aproximadamente 115 días (Violeta Coronado-Flores et al. 2015).

Una grana cochinilla hembra puede reproducirse de 2 a 3 veces por año. Se puede manifestar que el momento de apareamiento es complicado observar, este proceso ocurre durante la noche siendo dificultoso de evidenciar. Por otro lado, el macho se coloca sobre la grana cochinilla hembra, acaricia con sus patas delanteras y luego coloca a un lado y al otro del cuerpo de la hembra hasta introducir el esperma en las 2 aberturas genitales. Los huevos que se fecundan los almacena en una especie de saco que tiene en el abdomen, algo semejante al canguro, lo que hace que incremente de tamaño.

De este apareamiento se observan de 5 y 80 crías denominadas ninfas, que crean por fuera una cera de color blanco y por dentro producen el preciado pigmento rojo (ácido carmínico). En cambio, los machos son difíciles de observar, cuando las ninfas llegan a la madurez sexual sólo poseen el tiempo necesario para aparearse con la hembra y morir (Juan Pablo Arce Ramírez. 2017).

4.6 Descripción morfológica

4.6.1 Huevo

Es de forma ovoide, de algo menos de 1 mm de largo, de cáscara blanco-amarillenta transparente; se les encuentra en grupos adheridos a la parte posterior de las hembras (Juan Pablo Arce Ramírez. 2017).

4.6.2 Ninfa I

En este estadio existen dos etapas: En la primera, la ninfa tiene hábitos migrantes, presenta patas y antenas bien desarrolladas, tiene color rojo intenso y mide

aproximadamente 1 mm de largo; en poco tiempo se recubre de un polvillo y filamentos cerosos blancos. En esta etapa las ninfas se desplazan y pueden ser transportadas por el viento, pudiendo llegar a otras plantas. Su duración es de sólo 24 horas. El estilete de la cochinilla es muy largo y cuando es introducido al tejido vegetal, prácticamente es imposible que el insecto lo pueda retirar. En la segunda etapa la ninfa está fija, aumenta paulatinamente su tamaño y se cubre de una mayor cantidad de filamentos cerosos, los que forman un halo blanquecino en su contorno. En este estadio es imposible diferenciar los sexos de la cochinilla (Luque Aruquipa. 2018).

4.6.3 Ninfa II

En este estadio se distinguen las cochinillas machos de las hembras.

- **Macho:** Al emerger del estadio anterior presenta una coloración rojo-oscura y hacia el final del estadio producen abundantes hilos blancos cerosos, los cuales forman una cubierta de forma ovoide de aproximadamente 2,5 mm de largo, este cocón está abierto en su extremo posterior (Luque Aruquipa. 2018).

- **Hembra:** Al emerger del estadio de ninfa I presentan una coloración roja oscura brillante y una segmentación notoria en el cuerpo; la cutícula antigua se puede observar adherida al extremo posterior del cuerpo. En este estadio se cubren de un polvillo blanco ceroso y aumentan paulatinamente su tamaño hasta llegar a más o menos 2 mm de largo (Luque Aruquipa. 2018).

4.6.4 Macho adulto

En el cocón formado en el estadio de ninfa II, se desarrollan en forma secuencial la proto pupa y la pupa por mudas sucesivas de cutícula. Al emerger el macho adulto es un insecto alado de algo más de 2 mm de largo y casi 5 mm de expansión alar. Presenta el cuerpo y las alas cubiertos de un polvo blanquecino, tiene patas y antenas bien desarrolladas y posee dos filamentos a manera de cola que nacen de la parte posterior del abdomen. Los machos adultos son poco conocidos debido a su corta vida, que no supera 3 días y a su escaso número (Luque Aruquipa. 2018).

4.6.5 Hembra adulta

La grana cochinilla hembra adulta tiene forma oval convexa y de manera similar al estadio anterior la cutícula antigua se puede observar adherida al extremo posterior del cuerpo y también están cubiertos de una pulverulencia cerosa blanca. En la etapa previa a la cópula miden alrededor de 3 mm de largo; luego aumentan rápidamente de tamaño llegando a 6 mm de largo hasta la oviposición. Oviposita de 300 a 600 huevos (Luque Aruquipa. 2018).

4.7 Ciclo Biológico

El ciclo biológico de la cochinilla varía de acuerdo con el sexo y el ambiente en el que se desarrollan. En la costa la duración de vida de los insectos es de casi la mitad de tiempo que en la sierra. Se resume el ciclo de vida de machos y hembras en la costa y la sierra y en el ciclo de vida de la hembra, el momento óptimo para la recolección es en el estado de “hembra oviplena”, al cual llegan entre 63 y 110 días en la costa y entre 130 y 177 días en la sierra (Bustios Condori, Maricielo del Carmen. 2004).

Tabla 08.

Ciclo biológico de los individuos macho y hembra de la cochinilla del carmín en costa y sierra.

Estadio (tiempo)	Macho		Hembras		Estadio (tiempo)	
	Costa	Sierra	Costa	Sierra		
Huevo (m)	15-20	10-20	15-20	10-20	Huevo (m)	
Ninfa I (d)	20-25	56-77	20-25	56-77	Ninfa I (d)	
Ninfa II (d)	8-12	10-14	13-18	36-49	Ninfa II (d)	
Proto pupa y pupa (d)	18-22	18-27	30-167	38-51	Preovipos (d)	Adulto (d)
			28-50	35-50	Oviposición (d)	
Adulto (d)	3	3	10-20	10-20	Postovipos (d)	
Total	49-62	87-121	101-180	175-240	Total (d)	

d: días m: minutos (*) MARIN, R. y CISNEROS, F. 1977. Revista Peruana de Entomología 20 (**) DIAZ, J. y QUISPE, L. 1989. Revista del INIAA (2).

Aspectos morfológicos de la cochinilla del carmín

Los *Dactylopius coccus* Costa (Cochinilla), se caracterizan por poseer un dimorfismo sexual, las hembras son hemimetábolos y tienen metamorfosis incompleta debido a que su ciclo de vida consta de dos estados ninfales (ninfa I, ninfa II) y adulto cuando llega a la reproducción; en cambio los machos son holometábolos, puesto que la ninfa II forman un capullo en el cual se desarrollan la prepupa y pupa, antes de la ocurrencia del estado adulto. La etapa de reproducción de la grana cochinilla es sexual, y es ovovivípara, la hembra deposita directamente preninfas o huevos, pero también existen reportes de partenogénesis (Bustios Condori, Maricielo del Carmen. 2004).

La grana cochinilla hembra se caracteriza por ser receptiva de 2 a 5 días luego de alcanzar el estado adulto, por ello, determinándose un tiempo promedio entre la copula es hacia el día 55 desde la eclosión; el periodo de pre-oviposición tiene un periodo de duración entre 30 y 100 días y el periodo de oviposición de 10 a 20 días, en promedio de

huevos que depositan las hembras es 419, de los cuales se obtienen aproximadamente 372 ninfas (Bustios Condori, Maricielo del Carmen. 2004).

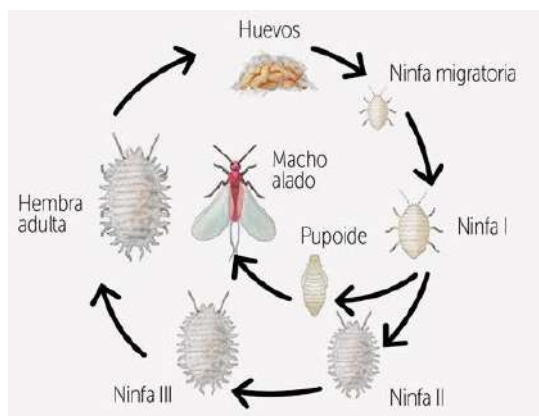


Figura 42. Ciclo biológico de la cochinilla.

El periodo de ovoposición durante el estado reproductivo varía cada día, siendo más frecuente en la fase inicial de ese periodo, más del 50% de las crías son paridas en los cinco primeros días (Delgado O, Roque A, 2018). El huevo tiene forma ovalada y mide de 0,72 por 0,33 mm, su color es rojo claro, y la superficie es lisa; al inicio se depositan individualmente, luego es continua y se colocan unidos a modo de serie o cadena, la eclosión ocurre de 10 o 20 minutos. La cochinilla del carmín es ovovivípara, porque las crías salen vivas a través de la vulva (Bustios Condori, Maricielo del Carmen. 2004).

La reproducción ovovivípara, consiste en la que los huevos eclosionan dentro del organismo de la grana cochinilla hembra y a partir de ello, indica que es posible ver a las ninfas neonatas salir del oviducto. Luego de eclosionar la ninfa I migra hasta por 5 días en busca de lugares sombreados donde inserta sus estiletes en el tejido del cladodio y empieza a alimentarse, y esta hembra se convierte en un individuo sedentario por no realizar más desplazamientos fijándose en el cladodio del nopal por un periodo de 20 a 30 días. La etapa de mayor vulnerabilidad de la grana cochinilla es la inicial en donde se puede observar una mayor mortalidad, la misma que se debe a múltiples factores medioambientales como las lluvias y vientos (Bustios Condori, Maricielo del Carmen. 2004).

La ninfa II se caracteriza por poseer un cuerpo de forma ovoide, de color rojo oscuro, y una dimensión aproximada de 2,2 mm de largo por 1,2 mm de ancho, este periodo de vida dura de 8 a 20 días tiempo en el cual da origen a la hembra adulta, mientras que el individuo macho toma un periodo de 18 y 22 días hasta llegar al estado adulto. La forma que adquiere la Hembra adulta es ancha en la zona del vientre, de color

rojo, lustrosa y de consistencia blanda. Su cuerpo está cubierto por sustancia pulverulenta blanca; posee un aparato bucal picador chupador. Y la vida que se estima a este insecto es en promedio de 90 a 120 días, han evidenciado tener dos mudas antes de llegar a su madurez, y contiene el pigmento colorante denominado ácido carmínico (Ramírez Delgado, A. M. G., & Arroyo Figueroa, G. (2017).

4.8 Composición química de la cochinilla

La composición química de la grana cochinilla depende de las condiciones ambientales en las que se desarrolle, es decir, la composición química también es variable, por lo tanto, se expresan en valores promedios. La composición química de la cochinilla consta de grasa, cera, agua, cenizas, sustancias nitrogenadas y el colorante denominado ácido carmínico (Delgado O, Roque A, 2018).

Tabla 09. Composición química de la cochinilla fresca

Composición	Porcentaje
Ácido carmínico	10 – 22 %
Proteína	40 – 45 %
Grasa	10 – 12 %
Carbohidratos	10 – 12 %
Ceras	2 – 3 %
Cenizas	3 – 5 %
Humedad	10 – 12 %

Fuente: Delgado O. Roque A. 2018.

La grana cochinilla que produce carmín presenta variaciones en sus componentes, el material colorante que obtienen las hembras disecadas es el ácido carmínico, este compuesto orgánico ácido se obtiene dentro de laboratorio y se comercializa en polvo y soluciones. Para obtener el pigmento "carmín" (el complejo del ácido carmínico con aluminio) en primer lugar se debe secar las cochinillas y luego se hacen hervir en agua con algo de ácido sulfúrico (Ramírez Delgado, A. M. G., & Arroyo Figueroa, G. 2017).

El ácido se disuelve, posteriormente se precipita añadiendo alumbre y cal.

- El ácido carmínico se une al ion de aluminio como quelato.
- El ácido carmínico es un ácido orto-fenoxi-carboxílico de carácter hidrofílico.
- Se caracteriza por presentar coloración roja, que puede variar incluso hasta el color púrpura cuando el pH aumenta (Coya M, 2015).

La fórmula química del ácido es $C_{22}H_{20}O_{13}$, la misma que se cristaliza en prismas rojos, no posee un punto de fusión y se descompone a una temperatura de 120°C.

El grupo carboxílico -COOH y cuatro grupos -OH fenólicos, las posiciones C-3, C-5, C-6 y C-8 son desprotonables, contribuyen a los cambios de color y pH del ácido carmínico; esto ocurre por la acción de iones metálicos que al combinarse con el ácido reaccionan dando colores:

Anaranjado a pH = 3.0,

Rojo a pH = 5.5 y

Púrpura a pH = 7.0 (Coya M, 2015).

4.9 Producción de cochinilla

A parte de otros sectores de la producción, la cochinilla es una actividad económicamente fácil y rentable, siempre y cuando se conozcan los factores que deben estar presentes y regulados para la cría de este insecto del nopal (Hannelore Govela-Contreras. 221).

Los factores abióticos que frecuentemente influyen en el proceso de producción de la cochinilla son los siguientes (Hannelore Govela-Contreras. 221):

Temperatura: La cochinilla es sensible a las variaciones de temperatura, existe una relación directa entre el ciclo biológico y la temperatura, esto causa la reducción o incremento del número de generaciones producidas por año, también se asocia a la duración del ciclo de vida de la grana cochinilla; es decir, que a mayor temperatura el ciclo biológico de la grana cochinilla, es más corto es el ciclo de vida, mientras que si las temperaturas bajas los ciclos de vida de la cochinilla son más largos.

Se ha reconocido que los cambios de temperatura son determinantes y causan la mortalidad en los insectos, entonces esto genera un impacto en el potencial de ovoposición y el desarrollo de las crías, esto causa una deshidratación o quemadura de cladodios (Chambi D, 2012).

La sobrevivencia de la grana cochinilla está influenciada por las condiciones ambientales como la temperatura; y esto se evidencia durante los estados de desarrollo del insecto y su relación inversamente con la humedad relativa ambiental, es decir, si sube la temperatura, produce un descenso de la humedad.

Por lo tanto, la producción de cochinilla en zonas donde existen diferencias de temperaturas o este factor es variable durante el transcurso del tiempo, se debe analizar las características del ciclo biológico en función de la zona de producción (Chambi D, 2012).

La precipitación es otro de los factores que causan afectación en la producción de insectos en los primeros estadios de desarrollo de la grana cochinilla, puesto que son más sensibles a que se desprendan con facilidad de las pencas en las que se encuentran fijados (Chambi D, 2012).

Las precipitaciones causan arrastre de los insectos he incluso cuando estas están en las etapas avanzadas del ciclo biológico, en estos casos se puede ocasionar pérdidas del 100% de la producción de carmín de cochinilla (Coya M, 2015).

El viento es otro de los factores que influyen directamente porque se ha visto que es un factor impide que el insecto se ubique a lo largo de la superficie del cladodio de tuna. El viento impide que los machos logren fertilizar de forma adecuada a las hembras, además arrastra el polvo blanco protector de los insectos y esto genera efectos perjudiciales tanto para el insecto como para el nopal (Coya M, 2015).

CAPITULO V

5 EL CARMÍN Y LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

Al analizar la vegetación en la naturaleza, pocas especies vegetales tienen la capacidad de transformación que ofrecen los nopales para el consumo humano. Sus posibilidades industriales son suficientes, esto hace que interesante su cultivo y por la capacidad de transformación en ácido carmínico. Este pigmento natural es considerado como uno de los colorantes rojos naturales seguros, desde el punto de vista de la inocuidad.

El carmín de cochinilla es permitido su utilización por la mayoría de las legislaciones alimentarias en diversos países del mundo; Este pigmento es una de las mejores alternativas como colorante rojo natural a los colorantes sintéticos y se utiliza ampliamente en la industria alimenticia y cosmética. En el país del Perú se considera el primer productor mundial de cochinilla seca y tiene la capacidad de exportar la grana cochinilla procesada como carmín, y/o ácido carmínico en soluciones (Del Río e I. Dueñas, 2002).

A la producción de cochinilla (*Dactylopius coccus*: Hemiptera) se ha considerado una de la explotación de tipo agrícola-biológico puesto que es producida por un insecto considerado parásito de los nopales que se alimenta del cladodio. Por consiguiente, la planta requiere de un manejo diferente al que recibe para la producción de fruta o nopalitos de la misma manera el insecto, este requiere de un manejo adecuado durante la producción de este insecto y posterior proceso para la producción de ácido carmínico, diferente a los utilizados para la producción de alimentos y aditivos o subproductos de nopal y fruta. La hospedante natural grana cochinilla, generalmente en la *Opuntia ficus-indica*: en ella crece y se desarrolla este individuo, el mismo que es sacrificado y procesado para la extracción del pigmento (ácido carmínico). Lo que realmente se procesa y se utiliza para la producción de carmín es el insecto hembra y la planta solo es un medio de apoyo para su crianza (Del Río e I. Dueñas, 2002).

En la agroindustria únicamente le interesa aprovechar en forma integral las materias primas que utiliza, por lo que trata de encontrar la utilidad a los deshechos de procesamiento del cultivo de nopal, lo cual, a su vez, redunda en un beneficio adicional de este cultivo. Por otra parte, las cáscaras de variedades de nopal rojas o púrpuras

contienen gran cantidad de pigmentos (betalaínas) y pueden ser una fuente de colorantes naturales además de la que se obtiene a partir del insecto (Del Río e I. Dueñas, 2002).

El ácido carmínico (Figura 00) es una antraquinona 7-C-glicosilada se obtiene a partir de la cochinilla (*Dactylopius coccus*) u otros insectos de la familia Coccidae. Varios estudios señalan sobre la posible función biológica de este compuesto químico que indica que es un potente elemento disuasorio para las hormigas, semejante al *Monomorium destructor*. Esta disuasión puede ser un indicador de la función natural del compuesto, que hace evolucionar en las cochinillas como el arma química contra depredadores. Incluso de este insecto, como *Laetilia coccidivora*, que utiliza como ácido carmínico ingerido para la defensa de su propio predadore (Del Río e I. Dueñas, 2002).

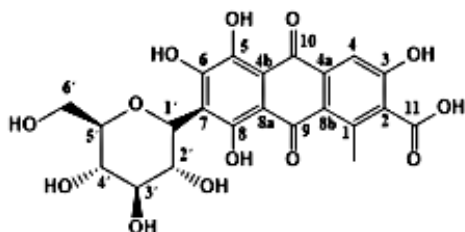


Figura 43. Ácido carmínico.

El ácido carmínico se utiliza como colorante en las industrias alimentaria, textil, farmacéutica y cosmética. La coloración roja de este producto se atribuye a la formación de quelatos con cationes metálicos como Al^{3+} y Ca^{2+} . Esta coloración varía dependiendo del catión metálico acomplejado (Color Index, 1971; Gibaja Oviedo, 1998).

El ácido carmínico se utiliza como colorante en las industrias alimentaria, textil, farmacéutica y cosmética. La coloración roja se atribuye a la formación de quelatos con cationes metálicos determinados por el Al^{3+} y Ca^{2+} . Esta coloración puede variar dependiendo del catión metálico acomplejado (Color Index, 1971; Gibaja Oviedo, 1998).

En las investigaciones desarrolladas acerca de su actividad biológica son escasos y poco concluyentes. Varios estudios señalan que posee una actividad anticancerígena en sarcoma de Jensen en ratas (Mihail and Craciun, 1970), sin embargo, hasta la actualidad no se comprobado el mecanismo de acción que se estima que puede ser por unión covalente con el ADN (Lown et al., 1979). Otras investigaciones señalan que el ácido carmínico potencia la actividad antiviral de polirribonucleótidos (AU). Este tipo de estudio se lleva a cabo a través de un bioensayo con el virus de la estomatitis vesicular fibroblástica del prepucio del ser humano. Por otra parte, se señala que cada uno se

estudiaron por separado, poli-r(A-U) o ácido carmínico, determinando que no son agentes antivirales frente a este virus (Jamison et al., 1988; Krabill et al., 1993y .).

La eficacia de la vacuna que se cero puede mejorar si se adiciona adyuvantes. Estudios recientemente durante el 2019, se identificó 41 aditivos alimentarios que exhiben el efecto adyuvante en ratones al utilizar vacunas trivalente y tetravalente contra la HA de influenza. Entre estos compuestos se encuentra el ácido carmínico, el cual provocó una completa respuesta protectora en ratones cuando se inmunizaron con la vacuna (Feng et al., 2019).

5.1 Química del ácido carmínico

Según la constitución química el ácido carmínico está constituido por una parte quinónica (antraquinona) a la que está unido en posición 7 monosacárido glucosa considerado un azúcar. Este monosacárido se comporta como alcohol simple. Y los grupos hidroxilo de los carbohidratos pueden convertirse en ésteres y éteres, que son fáciles de trabajar que los azúcares libres.

5.1.1 Acetilización

Una de las reacciones de acetilación-desacetilación de gran importancia en el organismo producido por la acción de las enzimas acetiltransferasas, acetilCoA, y acetilesterasas. Estas reacciones propiciando un sinnúmero de procesos metabólicos, como la acetilación de histonas, cuya finalidad es regular la expresión génica celular. Al encontrarse con frecuencia muchos metabolitos secundarios del grupo acetilo, propicia una función relacionada con el reconocimiento de receptores proteicos tales como la actividad sialidasa de la neuraminidasa de los virus de influenza esto se debe a la gran capacidad de reconocer enlace α -2,3-N-acetilneuramínico; sin embargo, existen variantes de ácido siálico O-acetilado en posiciones 4, 7 ó 9, que reducen con frecuencia la capacidad de sialidasas para romper el enlace (Wasik et al., 2016).

Al analizar químicamente, se puede obtener productos acetilados a partir de los alcoholes y fenoles, a través de una reacción de esterificación. Estos compuestos fenólicos, quinonas e hidroxiantraquinonas permiten reaccionar ante la presencia de anhídrido acético o cloruros de acilo en presencia de bases para formar ésteres. Esta reacción química únicamente ocurre de forma similar a la de los alcoholes (Solomons and Fryhle, 2011). La presencia de monosacáridos y el anhídrido acético con una base débil tales como la piridina o acetato de sodio permite la transformación de todos los grupos

hidroxilo en grupos éster, incluyendo el carbono anomérico (Figura 00) (McMurry, 2012; Wade and Simek, 2016; Solomons and Fryhle, 2011).

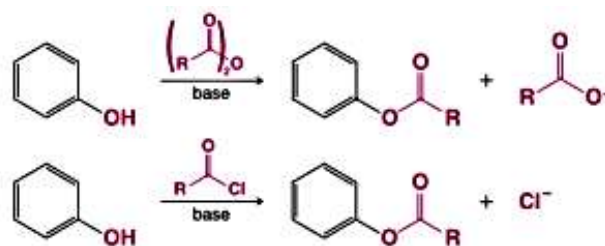


Figura 44. Reacción de acetilación de fenoles.

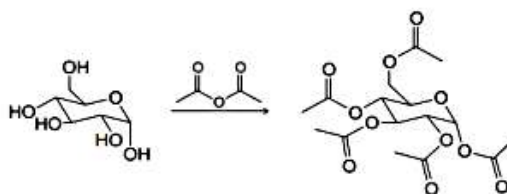


Figura 45 Reacción de acetilación de la glucosa (Solomons and Fryhle, 2011).

En la figura siguiente, presentamos el mecanismo que ocurre la acetilación de alcoholes y fenoles.

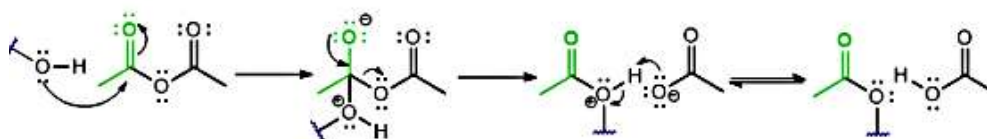


Figura 46 Mecanismo de acetilación de alcoholes y fenoles utilizando anhídrido acético (ChemDraw)

La importancia que propician los compuestos O-metilados en la farmacocinética es debido a que llegan a ser resistentes al mecanismo del metabolismo hepático y muestran un alto grado de absorción en el tracto digestivo. Varios estudios demuestran que los compuestos pueden ser bioactivos con sus derivados hidroxilados (Bernini et al., 2011).

La reacción de metilación de compuestos fenólicos presenta en las rutas biosintéticas de las especies vegetales, microorganismos y mamíferos gracias a la presencia de las enzimas O-metil transferasas. Químicamente la reacción que ocurre es gracias a la presencia de agentes alquilantes tales como el diazometano, sulfato de dimetilo, yoduro de metilo y carbonato de dimetilo (Bernini et al., 2011; Lamoureux and Agüero, 2009). Estos agentes alquilantes permiten dividir en tres categorías dependiendo de las condiciones de reacción; básica, neutra o ácida.

El agente alquilante en condiciones básicas actúa como electrófilo; y en condiciones neutras existen diferente mecanismo de acción, donde el agente alquilante actúa como una base formando especies activas que continúan con la alquilación; y finalmente, en la reaccionar en un medio ácido actúa como nucleófilo en donde la metilación en condiciones básicas o neutras es irreversible, siendo más selectiva y proporcionando altos rendimientos de reacción (Lamoureux and Agüero, 2009).

En la reacción de metilación al utilizar sulfato de dimetilo como agente alquilante en condiciones básicas se conoce como la metilación de Haworth, y no es quimioselectiva ya que puede alquilar ácidos fenólicos, así como fenoles y grupos hidroxilo de sacáridos (Lamoureux and Agüero, 2009). Estos alcoholes reaccionan en presencia de diazocompuestos con la finalidad de formar éteres, obteniendo metiléteres. Con diazometano, el método resulta muy costoso y se requiere de mucha precaución, pero si las condiciones son leves y se obtienen altos rendimientos. Se usa para metilar los alcoholes y fenoles que tienen un alto costo o están disponibles en pequeñas proporciones. Los compuestos hidroxilados reaccionan de mejor manera a medida que se incrementa la acidez; y los alcoholes ordinarios en cambio no reaccionan en absoluto a menos que esté presente un catalizador, como HBF₄ o gel de sílice. El grupo de fenoles más la inclusión de ácidos reaccionan bien en ausencia de un catalizador (Lown et al., 1979; Smith and March, 1987).

Al considerarse un reactivo común y menos costoso que el diazometano al yoduro de metilo. Este, en presencia de una base y disolvente apropiado, puede funcionar como agente metilante de fenoles y ácidos carboxílicos. La reacción de metilación utilizando yoduro de metilo se lleva a cabo empleando el carbonato de potasio como base y acetona o dimetilformamida (Rao et al., 1940; Tatsuzaki et al., 2018). En la Figura 00 se demuestra el mecanismo de metilación de los ácidos carboxílicos empleando reactivos. En la reacción de metilación en un medio básico de fenoles ocurre siguiendo el mismo mecanismo.

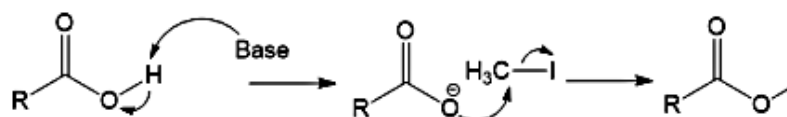


Figura 47. Mecanismo de metilación de ácidos carboxílicos con yoduro de metilo.
(ChemDraw)

Es posible que los carbohidratos se conviertan en éteres al utilizar un tratamiento con un halogenuro de alquilo en presencia de una base. Esta reacción es conocida como la síntesis de Williamson. Dada que estas condiciones son estándares de la síntesis de Williamson con una base fuerte que propicia degradar los sacáridos, pero cuando se emplea una base débil como óxido de plata permite obtener un buen rendimiento (Figura 00) (McMurry, 2012; Wade and Simek, 2016).

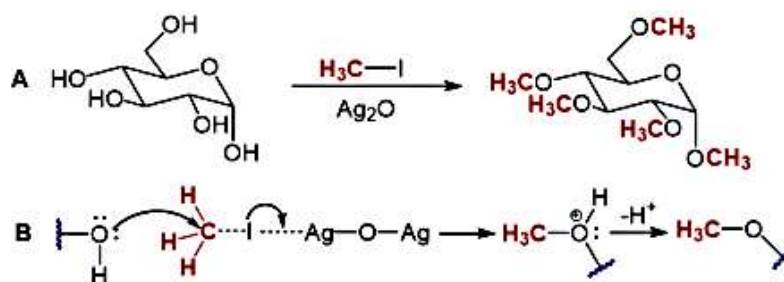


Figura 48 A) Síntesis de Williamson. B) Mecanismo de reacción de la síntesis de Williamson utilizando óxido de plata. (ChemDraw)

5.2 Calidad del carmin de cochinilla

Los factores determinantes de la calidad del método de análisis de ácido carmínico en cochinilla y de los valores óptimos de dichos factores. Los resultados que muestran la conveniencia del secado inmediato de la cochinilla posterior a la colecta del secado por un largo tiempo a una temperatura media del procesamiento del extracto por ultrasonificación y centrifugación, La medición del extracto por el método de espectrofotométrica fue aplicado y resultó inmediato, exacto y sugerirle.

Considerando que la cochinilla es comercializada por peso seco, se investigó la relación entre el peso de la madre grana cochinilla madre y su fecundidad, la relación entre el peso de la madre y la concentración de ácido carmínico es fundamental la relación entre la fecundidad y ácido carmínico.

Los resultados que demuestran que cochinillas de mayor peso poseen menor concentración de ácido carmínico y ponen mayor número de huevos, lo que conduce a una relación inversamente proporcional entre concentración de ácido carmínico y fecundidad. La función defensiva del ácido carmínico (Eisner et al., 1980) está relacionada con la existencia del proceso fisiológico entre la asignación de recursos a reproducción o a defensa del organismo de la grana cochinilla.

La edad de la planta es un factor fundamental en el rendimiento de la producción de grana cochinilla. Las prácticas agrícolas sobre el manejo de las plantas de tuna regularmente podadas alteran el tamaño de la canopia y el número de cladodios; sin

embargo, el sistema radicular no modifica la práctica de poda. Consecuentemente, una planta con mayor disponibilidad de nutrientes y edad presenta una mayor capacidad de absorción de agua y nutrientes que una de menor edad, lo que beneficia al insecto, por disponer de alimento de mayor calidad.

Uno de los factores importantes es la edad del cladodio que afecta negativamente al rendimiento. Estudios de fisiología vegetal en la planta de tuna permite evidenciar cambios en la asignación de recursos para los cladodios de diferentes edades (Inglese et al., 1999). Los cladodios constituyen al insecto los recursos de calidad nutricional.

El color del cladodio es un indicador que determina una variable significativa. Se puede determinar que las plantas cloróticas que hospedan grana cochinilla tienen un efecto que está relacionado con el estado nutricional de la planta.

Otro de los factores determinantes en la producción de cochinilla es la densidad de población en el cladodio, determinándose que, al aumentar la infestación en el cladodio, ocurren respuestas densodependientes, que se traducen en cochinillas con menor tamaño corporal y menor potencial reproductivo, debido a la competencia dentro de una misma población en el cladodio.

La presencia de hongos y cochinilla sobre cladodios no presentan variaciones significativas a lo largo del año. En Chile, demuestran que las infecciones fúngicas sobre la fruta de nopal son más importantes durante la etapa de primavera-verano debido al incremento de la temperatura ambiental (Razeto, 1999). Esto no sorprende a que sólo esos meses, el efecto de las infecciones fúngicas sobre la superficie de los cladodios de tuna y las excretas de cochinilla sobre las plantas de tuna propicien reducción de la producción de cochinilla.

Las infecciones tanto de hongos como cochinilla tienen un efecto negativo, esto permite disminuir la superficie fotosintética de la planta y por otro lado alterar su metabolismo, y las infecciones fúngicas sobre excretas de cochinilla tienen un efecto positivo las producciones, por lo que se sugiere utilizar niveles moderados de estrés derivados del ambiente además de las interacciones biológicas que pueden gatillar mecanismos defensivos que incluyen incremento de las defensas químicas tanto en la planta como en la producción de grana cochinilla.

5.3 Utilización de ácido carmínico en la industria

El ácido carmínico se deriva de la nomenclatura IUPAC: ácido 7- α -D-glucopiranosil-9,10-dihidro-3,5,6,8-tetrahidroxi-1-metil-9,10-dioxoantracencarboxílico, cuya fórmula molecular es C₂₂H₂₀O₁₃.

El ácido carmínico, partiendo desde la química, es un glucósido de antraquinona que se caracteriza por el color rojo intenso, esto se debe a sus cualidades, en la vida práctica se utiliza como tinte natural. Y en la naturaleza se obtiene de la hembra grana cochinilla que pertenece a la especie **Dactylopius coccus** utilizando agua tibia.

Posteriormente este ácido carminico se trata con sales de aluminio con el propósito de obtener una laca con un color brillante. Esta laca se precipita al agregar etanol, de esta manera se obtiene un polvo soluble en agua.

A partir de los huevos de grana cochinilla es posible obtener un pigmento coloreado, cuya tonalidad es más leve.

La analizar las propiedades de la coloración de la grana cochinilla, se reconoce desde su antigüedad, esto se remonta desde las civilizaciones precolombinas y, posteriormente con las conquistas españolas, se hicieron populares en Europa. En la actualidad, el ácido carmínico tratado con aluminio permite producir una sal roja brillante conocida como carmín que es utilizada en la industria alimentaria.

El ácido carmínico obtenido de la gana cochinilla como tinte, de la misma manera el aditivo alimentario se utiliza en la producción de cosméticos y, en menor escala en el teñido de tejidos lanas y fibras.

Aunque la práctica es significa un alto costos (puesto que para conseguir un 1 kg de carmín se requiere 155 mil insectos), aunque el amplio uso de la cochinilla justifica la estabilidad del color, una característica que hace perfecto su uso en la industria alimentaria, especialmente en gran escala.

El tinte obtenido de la grana cochinilla es utilizado principalmente para dulces (rojo, rosa, púrpura), yogur, mazapán, helados, gelatinas, refrescos (principalmente para aperitivos que distinguen por el color rojo anaranjado) y licores, entre los que se destaca es el Alchermes, que debe su color a este insecto.

La presencia de este colorante, derivado de la grana cochinilla en el alimento es importante por razones éticas, los vegetarianos y veganos tienen la necesidad de saber si el producto contiene aditivos de origen animal, por lo tanto, deben excluirse de su dieta, pero por motivos de salud, se han reportado casos de alergia al tinte E120 expresando a

través erupciones en la piel, urticaria, congestión nasal, esto presumiblemente quizá se deba a las proteínas residuales del insecto.

Se considera que el tinte E120 en la ingesta diaria es permitida hasta un máximo de 5 mg por kg de peso corporal: hasta estas concentraciones no se conocen efectos secundarios, sin embargo, no se conoce estudios disponibles sobre los efectos de a largo plazo.

Debido a los altos costos y aspectos éticos, este tinte puede producir de forma sintética en el laboratorio.

El ácido carmínico es una sustancia química compleja muy utilizada como colorante rojo extraído de la grana cochinilla. Y se utiliza como colorante en la producción de cosméticos y en la industria alimenticia para propiciar una coloración rojo de los alimentos y/o bebidas.

Se ha utilizado este colorante en otros artículos, el ácido carmínico extraído de la cochinilla, que es un insecto que vive de huésped en el cladodio de la tuna alimentándose de la savia de la penca parasitada. Estos insectos que producen esta sustancia son muy pequeños, pero muy ricos en colorante, alcanzando las hembras adultas hasta el 21% de producto en su peso seco.

La obtención mediante mecanismos artesanales se suele usar la cochinilla seca como pigmento o colorante natural. En la práctica siempre se usa el extracto de cochinilla. El ácido carmínico extraída de los insectos, no tiene color, esta únicamente al unirse con un metal como el aluminio, o el calcio da él color y es utilizada para algunas aplicaciones (bebidas especialmente) con el amoníaco.

5.3.1 Características del ácido carmínico:

Pigmento en forma de polvillo fino de color entre rojo y morado que tiene propiedades que lo distingue de los tintes rojizos.

Es insoluble en agua y en alcohol, soluble en medios alcalinos. Eso hace que si lo lavas no se limpie.

Aguanta el calor y la oxidación química, es muy útil para mezclar con ingredientes calientes en la industria cosmética o al combinarse con otros compuestos.

- El carmín colorante natural es excelente en relación a otros colorantes sintéticos.
- El ácido carmínico es estable, no se echa a perder en plazos cortos.
- El poder del colorante del ácido carmínico es enorme; es el más alto y supera a los demás colorantes carmínicos.

- Varía el tono en muchas de sus formas, está en función del pH en el que disuelva: desde naranja, entre rojo y naranja y morado.

La utilización del colorante rojo a partir del ácido carmínico se distribuye varios grados de pureza y en cosmética sólo se puede utilizar el más alto. Se puede encontrar varias presentaciones y fórmulas que es empleada en otros usos que va: desde farmacéutica en la pasta de dientes o enjuagues bucales, en la industria cosmética, es decir, para dar color a distintos cosméticos o directamente en maquillajes que varían desde pintalabios a sombras de ojos, pasando por bases de maquillaje, lápices de ojos.

El color carmín para uso alimentario en el que se añade un rojo agradable a los alimentos, utilizado en conservas vegetales, mermeladas, helados, productos cárnicos y lácteos, como el yogur y el queso fresco y también en bebidas, así como en bebidas alcohólicas y no alcohólicas.

El colorante ácido carmínico es sustituto de los colorantes artificiales.

Los extractos de la grana cochinilla y el ácido carmínico son conocidos como colorantes orgánicos y naturales que poseen la clasificación FD&C de la Administración de Drogas y Alimentos (FDA) de los Estados Unidos se han incluido en la lista de aditivos de la Comunidad Económica Europea (actual Unión Europea) bajo los parámetros de toxicidad permitida -Ingesta Diaria Admitida IDA-.

El color ácido carmínico es probablemente se considera como el colorante con las mejores características tecnológicas de entre los colorantes naturales más aún al contrastar con los artificiales.

CAPITULO VI

6 RESUMEN DE DIFERENTES INVESTIGACIONES

6.1 Investigaciones realizadas en Nopal

- **Fertilización y nutrición en tres variedades de nopal (*Opuntia ficus-indica*)**

“Poco se conoce de la nutrición del nopal (*Opuntia ficus-indica*). Basado en esta premisa, los investigadores tales como: Ricardo David Valdez Cepeda, et al, (2003) establecieron un experimento a campo abierto considerando tres dosis de fertilización y tres variedades de nopal (Copena V1, Jalpa y Villanueva). Al igual que otros cultivos, el nopal responde a la práctica de fertilización y presenta interacciones entre nutrientes como: N-P, N-K, NMg, Ca-Mg y Ca-K.

El conocimiento obtenido por los investigadores del presente documento en el contexto de la nutrición de las plantas de nopal sugiere que estandarizar la técnica de análisis del tejido vegetal en nopal en lo compete a edad del cladodio, a propósito de la producción y también a generar normas nutricionales acorde a cada propósito de producción para el caso particular del nopal cultivado que permitan tener plantas y productos sanos” (Ricardo David Valdez Cepeda, et al. 2003).

- **Plantación experimental de nopal para evaluación de sistemas de fertilización y extracción de mucílago**

“La plantación de nopal que analiza los diferentes aspectos referentes al cultivo de nopal en la Delegación Milpa Alta de la Ciudad de México. Se efectúa un estudio comparativo de tipos de tratamiento para la fertilización del nopal, el cual se realizó utilizando el proceso donde se evalúan los rendimientos y las características de los diferentes fertilizantes, que permitió identificar el sistema a base de lixiviados como una alternativa con mayor eficiencia.

Por otro lado, se establecen metodologías para la extracción del mucílago de nopal a través de la selección, secado y molienda para elaborar un aditivo que permitió estimar el contenido de azúcares y nivel de acidez en laboratorio. En una parcela experimental se llevó a cabo el proceso de muestreo que permitió cultivar el nopal en condiciones climatológicas y propiedades del suelo de la región, así como en diferentes modalidades de fertilización para evaluar rendimientos y calidad” (Silvia Galicia-Villanueva, et al. 2017).

- **Efecto de biofertilizantes y productos orgánicos en la producción de nopal verdura**

“La agricultura convencional es dependiente de fertilizantes químicos que pueden impactar negativamente el ambiente amenazando la sustentabilidad de los sistemas agrícolas, siendo necesario el análisis de alternativas para nutrir a los cultivos. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de biofertilizantes y otros productos orgánicos en nopal verdura (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) cv. Villanueva; así como el efecto en las propiedades químicas y microbiológicas del suelo.

El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar, cada unidad experimental consistió de un cladodio cultivado en una maceta de 19 L. Los tratamientos fueron: *Glomus intraradices* y *Trichoderma harzianum* cepas 808 y 703, Bionitro®, lombrihumus, drenados de lombrihumus vía foliar y vía suelo y sustancias húmicas. Las variables estudiadas estuvieron relacionadas a las propiedades químicas y microbiológicas del suelo, contenido nutrimental en nopalito, y rendimiento y crecimiento de nopalito.

Los análisis de varianza mostraron diferencias significativas para la mayoría de las variables estudiadas, siendo el tratamiento consistente en la aplicación de lombrihumus el tratamiento que presentó los resultados más favorables en relación con las propiedades químicas del suelo, concentración de nutrimentos en nopalito, y xii rendimiento y crecimiento de nopalito.

Los análisis de varianza mostraron diferencias significativas en donde la población de bacterias se incrementó con el tratamiento *T. harzianum* 703; la de bacterias nitrificantes con lombrihumus; y la infección micorrízica con el tratamiento *G. intraradices*. En conclusión, la vermicomposta fue el material que tuvo el mayor impacto favorable sobre las variables evaluadas en el suelo, en el tejido vegetal y en el rendimiento de nopalito. *G. intraradices* y *T. harzianum* también tuvieron resultados favorables en algunas variables evaluadas en suelo, no obstante, no tuvieron impacto en el rendimiento de nopalito.” (Escoto González, José 2014)

- **Aprovechamiento de nopal y tuna en la alimentación de ovinos**

“Una práctica agrícola es común en los diferentes sistemas de producción intensiva del cultivo de nopal y tuna, la poda de cladodios es uno de los factores importantes. Éstos junto con la tuna que no se comercializa, podrían ser utilizados como alimento alternativo para rumiantes. Sin embargo, la utilización apropiada es necesario

conocer además de su aporte nutricional, la asimilación ruminal y el desempeño productivo de rumiantes que los consuman.

El resumen del documento presenta un marco teórico que corresponde a la composición nutricional del nopal, su inclusión en las dietas y efecto en el comportamiento productivo de ovinos y caprinos. La revisión bibliográfica registró variabilidad de la composición nutricional del nopal con relación a la edad del cultivar y su respectivo manejo, por lo tanto, se registran resultados favorables al desempeño productivo de los ovinos y caprinos.

En los Capítulos 2 y 3 de la investigación reportan resultados de la composición química, fermentación ruminal y digestibilidad in vitro de los cladodios maduros de once cultivares de nopal y tres cultivares de tuna. La composición química de cladodios y tunas varió entre cultivares. La digestibilidad de los cladodios y tunas fue superior al 80 %, por consiguiente, ambos pueden utilizarse como fuente alimenticia en la dieta de ovinos.

Otro de los aspectos señalados es la presencia de un estudio que casa efecto de la inclusión de ensilaje de nopal y nopal-tuna, en el aporte de nutrientes, la fermentación y digestión in vitro, así como en el consumo y digestibilidad aparente en ovinos. La inclusión de nutrientes que utilizan es semejante en todas las dietas formuladas con ensilajes de nopal y nopal-tuna vs una dieta convencional.

No registra variabilidades significativas ($P > 0.05$) en que el consumo y digestibilidad aparente de los ovinos es aparente. Por lo que se puede concluir que no es factible la inclusión de ensilados de nopal y nopal-tuna en dietas para ovinos. Sin embargo, debido a la variabilidad en el contenido de nutrimentos, fermentación y digestibilidad in vitro entre cultivares, es necesario caracterizarlos antes de incluirlos en la dieta para ovinos.

El capítulo 5 del documento sobre la morfología de nopal forrajero Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) en diferentes sistemas de cultivo es agreste de Pernambuco, Brasil. Las características morfológicas de los cladodios de nopal forrajero cv Miúda son afectadas escasamente por la fertilización con urea. Sin embargo, la fertilización con estiércol bovino incrementa la anchura, longitud y el índice del área de cladodio”. (Vázquez Mendoza, Paulina; 2016).

- **Viabilidad económica y financiera de nopal tuna (*Opuntia ficus-indica*) en Nopaltepec, Estado de México**

“La fruta del nopal, es considerado como un ícono de la cultura mexicana, por lo que hay evidencia de su producción y consumo desde hace más de 9000 años. El objetivo fue estimar la viabilidad económica y financiera del cultivo de la tuna, se construyeron dos unidades representativas de producción (URP), de diferentes escalas (EMNPT04) y (EMNPT25), en la comunidad de San Felipe Teotitlán, Nopaltepec, Estado de México, con el fin de generar información de apoyo a la toma de decisiones. A través de la técnica de paneles, se obtuvo información técnica y económica. Con base, en la metodología desarrollada por la Asociación Americana de Economistas Agrícolas (AAEA), se estimaron ingresos y costos para determinar la viabilidad económica, y financiera, y precios objetivos.

El costo de producción estimado es cubierto ampliamente por el precio de venta. El flujo neto de efectivo es positivo en ambas URP y permite a los productores cubrir gastos familiares. Ambas URP son viables en términos financieros. EMNPT04 no es viable en términos económicos. Los precios requeridos para cubrir costos de producción, incluyendo factores de producción, son de 3.92 y 2.37 pesos por kilogramo, para EMNPT04 y EMNPT25, respectivamente. La situación económica de la URP de menor escala es vulnerable, su permanencia a largo plazo es dudosa. Los resultados son indicativos de la situación de URP de características similares a las analizadas, en la región en estudio” (Itzel Antonia Domínguez-García et al, 2017).

- **Irrigation in nopal influences the storage and packaging of tuna.**

“La aplicación riego de calidad y vida de anaquel de la tuna todavía no es documentado. Esta es una de las razones para que se plantee como objetivo la irrigación del nopal esta investigación fue estudiar la influencia del riego en la calidad, vida de anaquel, debido a que el acondicionamiento de la tuna 'Cristalina' y 'Amarilla Olorosa' después de un periodo en refrigeración.

Los frutos se cosechan de los tratamientos de riego: sin riego (SR) como testigo, riego suplementario (RS) y riego completo (RC). Para lo cual hicieron tres lotes con 72 frutos (24 frutos por tratamiento), cada uno para luego analizar la calidad antes de la cosecha y posterior al almacenamiento a temperatura ambiente (ATA) y refrigeración más siete días en acondicionamiento a temperatura ambiente (R + TA). En la cosecha, el peso del fruto (PF) de 'Cristalina' fue menor en las plantas SR que con RS o RC. La

firmeza (F), la concentración de sólidos solubles totales (SST) y la materia seca del fruto (MS) fueron similares entre tratamientos.

Después del ATA o R + TA, el RC mantuvo alto el PF y la F, pero redujo la MS. En ambos sistemas de almacenamiento, la pérdida de peso del fruto fue menor en el RC o RS. La tuna 'Amarilla Olorosa' experimentó resultados similares a 'Cristalina' y no presentó daños por hongos o frío. Comparado con el RC, el RS indujo respuestas similares en ambos tipos de tuna y ahorró $\approx 56\%$ de agua de riego; por lo tanto, esta estrategia de riego podría sugerirse para ésta y áreas agroecológicas similares” (Yamileth Varela-Gómez; 2014).

- **Compuestos antioxidantes en variedades pigmentadas de tuna (*Opuntia* sp.).**

“El objetivo del estudio de evaluar la variabilidad del betacianinas, betaxantinas, compuestos fenólicos, flavonoides y vitamina C de once variedades pigmentadas de tuna (*Opuntia* sp.) En el estado de inmadurez hortícola (10 d antes de madurez hortícola; IH), madurez hortícola (MH) y postcosecha (10 d después de la madurez hortícola; PC). Los niveles de betacianinas de 0.21 a 59.18 mg 100 g⁻¹ pf encontrados fueron superiores a los de betaxantinas 0.12 a 24.07 mg 100 g⁻¹ pf en las diferentes variedades de tuna púrpura y roja en los tres momentos (IH, MH y PC) no se registró información de variación del contenido de estos pigmentos durante el desarrollo y postcosecha del fruto de tuna.

Durante el periodo de postcosecha (PC) se incrementa los contenidos de betacianinas en 0.46 a 49.15 mg 100 g⁻¹ pf, betaxantinas en 0.57 a 19.91 mg 100 g⁻¹ pf) los compuestos fenólicos en 106.60 a 165.56 mg EAG 100 g⁻¹ pf y los flavonoides de 1.34 a 11.21 mg EQ 100 g⁻¹ pf; en la mayoría de las variedades pigmentas. Los niveles superiores de vitamina C se determinó en la mayoría de las variedades de nopal en estado de inmadurez hortícola y luego disminuyeron gradualmente al llegar a MH y PC. Se concluye manifestando que el almacenamiento postcosecha de frutos de las diferentes variedades contribuyó a la reducción de vitamina C”.

- **El sistema productivo del nopal tunero (*Opuntia albicarpa* y *O. megacantha*) en Axapusco, Estado de México. Problemática y alternativas**

El objetivo de caracterizar el sistema productivo del nopal tunero (*Opuntia albicarpa* y *Opuntia megacantha*) durante el proceso productivo del nopal tunero en Axapusco, Estado de México a través de encuestas a los diferentes productores y entrevistas a los actores clave. La mayoría de los productores de nopal son ejidatarios (73

%). En donde se determina que el sistema de producción de nopal tiene una variabilidad. Barbechan (37 %) y subsolean (34 %) para la preparación del suelo.

La densidad de cultivo se observa entre 600 y 700 plantas por hectárea (38 %). La distancia entre planta y planta es de 4.0 m x 4.0 m siendo la más utilizada en un 55 %. La variedad predominante más cultivada es del 74 % y corresponde a la variedad blanca (*Opuntia albicarpa*). El 67 % de los productores realizan la labor cultura de deshierba de forma manual. El 54 % de los productores fertilizan con estiércol fresco de bovinos.

La gran mayoría de los productores no tienen conocimiento técnico por falta de asesoría en un 96 %. El 71 % de los productores declaran que no tienen apoyo gubernamental para el desarrollo de la producción de tuna. Y se determina como un problema relevante para los agricultores es el control de plagas y enfermedades en un 34 %. Los precios bajos del fruto de tuna y el manejo de las huertas están representadas por el 21 %.

La causa subyacente se asume a la falta de conocimiento técnico. Por lo tanto, se requieren varias estrategias para tratar de solucionar este problema. Pudiendo señalar que es necesario realizar la fertilización con composteo basado en la utilización de estiércol, el uso de bioinsecticidas para control de insectos y mejorar la organización de los productores (Sergio Roberto Márquez–Berber, 2012).

- **Composición nutrimental del nopal verdura producido con fertilización mineral y orgánica**

“En lo que se refiere a la calidad nutritiva del nopal como verdura, está relacionada con su composición mineral y es variable debido a ciertos factores, uno de los cuales es fertilización. En nopal verdura (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) la respuesta a la aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos se ha enfocado principalmente al rendimiento y en menor proporción con la calidad nutricional.

El objetivo fue conocer el efecto de la fertilización mineral y orgánica incluyendo el uso de compost y la inoculación con micorriza en la composición mineral de cladodios jóvenes para consumo humano al momento de cosecha. Los tratamientos estudiados fueron: 1) Estiércol bovino más fertilizante 17N-17P-17K (E + T 17); 2) Compost más inoculación con el hongo micorrícico *Glomus mosseae* (C + M); 3) Fertilizantes minerales (FM), aplicados por fertirriego; y 4) Testigo, sin aplicación de fertilizante y sin micorriza. El riego por goteo fue aplicado una vez por semana o cuando la tensión de

humedad en el suelo llegaba a 35 cbar. El tratamiento de fertilización tuvo un efecto significativo en las concentraciones de Mn, Zn y B, no así en N, P, K, Ca, Mg, Fe y Cu en el cladodio joven o nopalito. La más alta concentración de Mn (81.38 mg kg⁻¹) se alcanzó con el tratamiento FM, la de Zn cuando se aplicó E + T 17 (44.11 mg kg⁻¹), y en el caso de B con la fertilización de FM y E + T 17 (156.09 y 151.77 mg kg⁻¹), respectivamente.” Ma. del Rocío Santiago-Lorenzo et al. 2016

- **Plantación experimental de nopal para evaluación de sistemas de fertilización y extracción de mucílago**

“El presente artículo analiza aspectos referentes al cultivo de nopal en la Delegación Milpa Alta de la Ciudad de México. En primera instancia se efectúa un estudio comparativo de tipos de tratamiento para la fertilización del nopal, el cual se realizó mediante un proceso experimental donde se analizaron rendimientos y características con diferentes fertilizantes, que permitió identificar un sistema a base de lixiviados como una alternativa con mayor eficiencia.

Por otro lado, se estableció una metodología para la extracción del mucílago de nopal a través de la selección, secado y molienda para elaborar un aditivo que permitió estimar el contenido de azúcares y nivel de acidez en laboratorio. En una parcela experimental se llevó a cabo el proceso de muestreo que permitió cultivar el nopal con las condiciones climatológicas y propiedades del suelo de la región, así como en diferentes modalidades de fertilización para evaluar rendimientos y calidad.” Silvia Galicia-Villanueva et al. 2017.

- **Análisis económico de la aplicación de fertilizantes minerales en el rendimiento del nopal tunero**

“El nopal tunero (*Opuntia spp.*) responde positivamente a la fertilización mineral (FM) y orgánica. Sin embargo, no existe información en cuanto al rendimiento óptimo biológico de la tuna ni del análisis económico respectivo en función de la FM al suelo. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue hacer un análisis económico del rendimiento de la tuna, en términos de tasa de retorno marginal, con base en función de diferentes dosis de fertilizantes minerales a base de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K).

El experimento se estableció en una huerta comercial y se evaluó de marzo a septiembre de los años 2004, 2005 y 2006. Las dosis de N fueron: 0, 30, 60 y 90 kg ha⁻¹. Las dosis para P fueron: 0, 30, 45 y 60 kg ha⁻¹ y las de K fueron: 0, 30 y 60 kg ha⁻¹. Los

tratamientos de NPK se arreglaron en una matriz factorial incompleta. El experimento se condujo en un diseño en bloques completos al azar y los tratamientos se replicaron tres veces. La adición de fertilizantes minerales al suelo incrementó, en promedio, el rendimiento de la tuna a partir del segundo ciclo de evaluación.

La dosis 90N-30P-30K no sólo promovió el mayor rendimiento, sino también generó el mayor beneficio-costo y tasa marginal de retorno. La optimización del rendimiento de la fruta (27 t ha⁻¹) se alcanzó con la dosis de fertilización 80 kg N ha⁻¹ y 50 kg P ha⁻¹ y coincidió con la mayor tasa de beneficio-costo. El análisis económico no sólo ofrece las mejores alternativas fertilización mineral en la producción de tuna 'Cristalina', sino también otras opciones de fertilización mineral que redundan en beneficios económicos” (ZEGBE, Jorge A. et al. 2014).

- **Fertilización y nutrición en tres variedades de nopal (*Opuntia ficus-indica*)**

“Poco se conoce sobre la nutrición en plantas de nopal (*Opuntia ficus-indica*). Por lo tanto, se estableció un experimento en campo considerando tres dosis de fertilización y tres variedades de nopal (Copena V1, Jalpa y Villanueva). Al igual que otros cultivos, el nopal responde a la práctica de fertilización y presenta interacciones entre nutrientes como: N-P, N-K, NMg, Ca-Mg y Ca-K.

El conocimiento generado por los autores del presente documento y otros en el contexto de la nutrición en plantas de nopal sugiere que es necesario estandarizar la técnica de análisis de tejido vegetal en nopal en lo concerniente a edad del cladodio y propósito de producción, y también generar las normas nutricionales acordes a cada propósito de producción para el caso particular del nopal cultivado que permitan tener plantas y productos sanos.” (Ricardo David Valdez Cepeda, et al. 2003).

- **Desarrollo radical, rendimiento y concentración mineral en nopal *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. en diferentes tratamientos de fertilización**

“El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de las aplicaciones de estiércol bovino y fertilizante mineral en diferentes profundidades con respecto al crecimiento radical, producción de materia seca y concentración de nutrientes en nopalito. El experimento se realizó durante un periodo de 18 meses con tratamientos formados por dos dosis de estiércol bovino (100 y 300 t ha⁻¹) o una dosis de fertilizante mineral aplicados en tres profundidades (0-18, 18-36 y 36-54 cm), además de un testigo sin abono.

El experimento se estableció considerando un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los resultados mostraron que la mayor abundancia relativa de raíces de las

plantas de nopal fue en el primer estrato (0 a 18 cm) con un 96%, seguido del estrato de 18 a 36 cm con 3 %. El rendimiento de nopalitos, la producción de materia seca y el número de brotes fueron mayores en las plantas sometidas al tratamiento de 100 t ha⁻¹ de estiércol aplicado en el estrato superior (0 a 18 cm).

El contenido mineral de los cladodios mostró valores similares entre tratamientos y el testigo; sin embargo, la concentración de fósforo y de microelementos fue mayor en las plantas sometidas a los tratamientos de estiércol en el estrato de 0 a 18 cm. Las aplicaciones de estiércol incrementaron el contenido mineral y de materia orgánica del suelo al final del experimento.” (Rafael Zúñiga-Tarango et al. 2009).

- **Fertilización y frecuencia de riego en la producción de nopal verdura (*Opuntia ficus indica* L) en túnel de plástico.**

“Con la finalidad de conocer la respuesta del nopal verdura a la fertilización orgánica y química, incluyendo la inoculación de un hongo micorrízico y la frecuencia de riego, bajo condiciones de túnel de plástico. De 2010 a 2011 se evaluó el rendimiento y los parámetros de calidad: índice de color, pH, acidez titulable, textura, contenido de fibra y concentración nutrimental. Además de cuantificar el consumo de agua en una plantación de nopal verdura (*Opuntia ficus indica* L.).

Para ello se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas, donde en la parcela grande se estudió la frecuencia de riego cuando la tensión en el suelo era de 35 y 70 cb, y en la parcela dividida la fuente de fertilización (composta, inoculación del hongo micorrízico *Glomus mosseae*, fertirriego, composta más inoculación, composta más urea y superfosfato de calcio triple, estiércol y triple 17) y un testigo.

En rendimiento el efecto estuvo dado por la fuente de fertilización, siendo el de mayor rendimiento el tratamiento estiércol y triple 17 (266 t ha⁻¹). Con relación a índice de color, acidez titulable, contenido de fibra soluble e insoluble y concentración nutrimental en el cladodio, la respuesta fue significativa por la interacción de los dos factores estudiados.

Los tratamientos sobresalientes fueron estiércol más triple 17, composta más superfosfato de calcio triple y fertirriego con la mayor frecuencia de riego (4 riegos mes⁻¹). Con una anual de 392 mm y una lámina diaria de 1.1mm. (Flores Barrera, Sofia. et al. 2013)

- **Efecto de la fertilización de nopal (*Opuntia ficus-indica*) sobre la productividad y calidad de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa)**

“La grana (*Dactylopius coccus* Costa) es la única fuente del colorante natural rojo carmín utilizado ampliamente en las industrias farmacéutica, alimentaria y cosmética. Este colorante es considerado uno de los más seguros desde el punto de vista de inocuidad y está permitido por legislaciones alimentarias en diversos países, su creciente demanda ha estimulado la investigación para obtener mayor producción y calidad del insecto.

Se evaluó el efecto de la fertilización del nopal *Opuntia ficus-indica*, substrato alimenticio del insecto; sobre la producción y calidad en función del ácido carmínico (AC) contenido, en la grana *Dactylopius coccus* Costa, y su viabilidad económica. Se utilizó un diseño de parcelas divididas. Los resultados se analizaron con un ANDEVA y las medias se compararon con la prueba de Duncan ($p \leq 0.05$). Se realizó un análisis de correlación de Pearson.

Los tratamientos de fertilización de nopal utilizados como substrato alimenticio causaron un efecto diferencial en el número de hembras y peso seco por cladodio, y en el contenido de AC. Se encontró que *D. coccus* criada sobre cladodios a los que se les aplicó fertilización química-orgánica presentaron los valores más altos de AC, asimismo, aquellos cladodios a los que se les adicionó solo fertilización química generaron el número más alto de hembras y por tanto un mayor peso seco.

El contenido de nitrógeno en el cladodio influyó positivamente en el número de hembras; no obstante, este nutrimento influyó negativamente en el contenido de AC. El contenido de AC es uno de los parámetros que determina el precio internacional de la grana, el cual fue, en promedio, durante la realización de este estudio de 18 dólares kg⁻¹, precio con el que no es rentable producir y comercializar grana en un esquema intensivo, en invernadero, en un sistema de producción a penca colgada. El estudio permitió conocer que la fertilización previa a la que es sometido el nopal utilizado como substrato influye sobre la producción y calidad de *D. coccus*” (Coronado Flores, Violeta. et al. 2011).

- **Interacciones nutrimentales y normas de la técnica de nutrimento compuesto en nopal (*Opuntia ficusindica* L. Miller)**

“Hacen falta conocimientos básicos sobre la nutrición del nopal, esto para hacerlo más productivo. En ese contexto, se utilizó la técnica de Diagnóstico de Nutrimento Compuesto (DNC) para definir normas preliminares de nutrición en nopal (*Opuntia ficus-indica* L. Miller), sustentada en la relación cúbica entre los rendimientos y las funciones

de proporción de varianza acumulada, así como en la función de distribución χ^2 de los índices de nutrición global. Se consideró una base de datos con 180 observaciones de rendimiento (expresado en peso fresco de cladodio por planta) y las concentraciones (%) de N, P, K, Ca y Mg en cladodios de un año de edad.

El rendimiento de biomasa de nopal depende significativamente de las concentraciones de N ($P \leq 0.01$), K ($P \leq 0.05$) y Mg ($P \leq 0.05$). Se apreciaron los siguientes sinergismos significativos: P-K ($P \leq 0.05$), K-Mg ($P \leq 0.01$) y Mg-Ca ($P \leq 0.01$); y los antagonismos: N-Ca ($P \leq 0.01$) y N-Mg ($P \leq 0.05$). Las normas preliminares de DNC propuestas y expresadas como logaritmos de las proporciones centradas (media $\pm$ desviación estándar) para $d = 5$ nutrientes, con base en una subpoblación ($n = 57$) de alto rendimiento (más de 46.7 kg·planta⁻¹ de cladodios de nopal cultivado en un suelo calcáreo) son: * NV = -0.98 ± 0.35 , * PV = -2.23 ± 0.21 , * KV = 0.25 ± 0.19 , * Ca V = 0.37 ± 0.35 , * Mg V = -0.71 ± 0.17 , y * Rd V = 3.29 ± 0.09 .

Esas normas corresponden a los siguientes rangos de concentraciones óptimas (medias $\pm$ desviación estándar) en los cladodios: 1.29 ± 0.47 de N (%), 0.36 ± 0.08 de P (%), 4.24 ± 0.88 de K (%), 4.96 ± 1.73 de Ca (%) y 1.61 ± 0.27 de Mg (%). El nopal concentra más de cuatro veces K y Ca que N, demostrando que es una planta calcitrófica. Algo similar ocurre entre Mg y P, pues el primero se concentra cuatro veces más que el segundo” (Blanco-Macías, F. et al. 2006).

- **Productividad de cochinilla *Dactylopius coccus* (Hemiptera: Dactylopiidae) en cladodios de *Opuntia ficus-indica* (Cactacea) con diferentes tratamientos de fertilización**

“Para determinar la influencia del contenido nutrimental y características anatómicas de cladodios de nopal (*Opuntia ficus-indica* L. Mill.) provenientes de cuatro tratamientos de fertilización química y orgánica sobre el rendimiento de cochinilla *Dactylopius coccus*, con respecto al número de hembras y su peso seco, así como de su calidad, en función del contenido de ácido carmínico, se estableció un estudio en condiciones de invernadero en el estado de Morelos.

Aquellos cladodios a los que se les adicionó solo fertilización química generaron el mayor número de hembras y peso seco; mientras que los insectos criados sobre cladodios a los que se les aplicó fertilización química-orgánica presentaron los valores mayores de ácido carmínico. El contenido de oxalatos de calcio en el cladodio y el grosor de la cutícula influyeron negativamente en el número de hembras por cladodio. Se registró

una correlación positiva significativa entre el contenido de nitrógeno en el cladodio y el número de hembras; no obstante, el nitrógeno influyó negativamente en el contenido de ácido carmínico. La fertilización previa a la que es sometida el nopal puede influir en el rendimiento y calidad de *D. coccus*.” (Violeta Coronado-Flores. 2015).

- **Interacciones nutrimentales y normas de la técnica de nutrimento compuesto en nopal (*Opuntia ficusindica* L. Miller)**

“Hacen falta conocimientos básicos de la composición bromatológica del nopal para hacerlo productivo. En ese contexto, se debe utilizar técnicas de la composición Diagnóstico de Nutrientes Compuesto (DNC) y definir las normas preliminares de nutrición en nopal (*Opuntia ficus-indica* L. Miller), sustentada en la ecuación cúbica entre los rendimientos y las funciones de proporción de varianza acumulada, así como en la función de distribución χ^2 de los índices de nutrición global.

Se considera una base de información con 180 observaciones de rendimiento (expresado en peso fresco de cladodio de nopal) y las concentraciones (%) de N, P, K, Ca y Mg en cladodios de un año. El rendimiento de biomasa de nopal depende significativamente ($P \leq 0.05$) de las concentraciones de N, K y Mg. Se apreciaron los siguientes sinergismos significativos: P-K, K-Mg y Mg-Ca ($P \leq 0.01$); y los antagonismos: N-Ca ($P \leq 0.01$) y N-Mg ($P \leq 0.05$) entre las diferentes relaciones. Las normas preliminares de DNC propuestas y expresadas como logaritmos de las proporciones centradas (media $\pm$ desviación estándar) para $d = 5$ nutrientes, con base en una subpoblación ($n = 57$) de alto rendimiento (más de $46.7 \text{ kg} \cdot \text{planta}^{-1}$ de cladodios de nopal cultivado en un suelo calcáreo con pH Superior a 7.00) son: * NV = -0.98 ± 0.35 , * PV = -2.23 ± 0.21 , * KV = 0.25 ± 0.19 , * Ca V = 0.37 ± 0.35 , * Mg V = -0.71 ± 0.17 , y * Rd V = 3.29 ± 0.09 .

Esas normas corresponden a los siguientes rangos de concentraciones óptimas en los cladodios: 1.29 ± 0.47 de N (%), 0.36 ± 0.08 de P (%), 4.24 ± 0.88 de K (%), 4.96 ± 1.73 de Ca (%) y 1.61 ± 0.27 de Mg (%). El nopal analizado concentra una cantidad mayor a cuatro veces K y Ca que N, demostrando que es una planta calcitrófica. Algo parecido ocurrió con el contenido de Mg y P, el primero se concentra cuatro veces superior al segundo.” (Blanco-Macías, F. et al. 2006).

- **Evaluación de diferentes abonos orgánicos en la producción de nopal verdura**

“La verdura de nopal (*Opuntia ficus-indica*) se considera una de las especies que pueden producir en diferentes regiones climáticas, siendo un cultivo que resiste a la falta de agua, posee un costo bajo de producción y manejo que hace atractivo para los

agricultores. Desde esta premisa se plantea el siguiente objetivo que es evaluar los diferentes fertilizantes orgánicos en el cultivo de la verdura nopal en condiciones controladas. Se aplicaron siete tipos de abonos tales como: leonardita, composta estable de vacuno, composta de gallinaza, lombricomposta de borrego, lombricomposta de vacuno, lixiviado de composta de vacuno y fertilización química y un testigo sin aplicación de fertilizante.

Los tratamientos aplicados en el cultivo de nopal fueron evaluados bajo la distribución de un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones, en donde la unidad experimental está distribuida un contenedor de 19 litros, para lo cual se aplica un cladodio madre por contenedor. Las variables evaluadas fueron: número de brotes, materia seca, rendimiento fresco y variables fenológicas como largo, ancho y grosor del nopalito, también fueron monitoreadas las temperaturas altas, promedio y bajas, durante el periodo de producción del experimento.

La aplicación de materia orgánica con relación al peso y ancho del cladodio existe un efecto significativo, así como la producción de nopalitos. En lo relacionado a los sustratos orgánicos (gallinaza, estiércol bovino y ovino y sus lixiviados, lombricompostas y leonardita), determinan una lenta biodegradación lo que permite una buena nutrición de las plantas por su aporte lento de nutrientes.

Con relación a la cantidad de horas de calor, manifiesta que los tratamientos con las máximas de horas calor se alcanza el T4 (gallinaza), seguido del tratamiento T2 (leonardita), T5 (lombricomposta de borrego) y T6 (lombricomposta de vacuno), se concluye, que son importantes en cada etapa de crecimiento del nopal, aun cuando se combina con una buena nutrición. Lo que se observa que el nopal tiene un efecto estimulante de la temperatura para mejorar el rendimiento” (Guillermo Niven Martínez. Et al. 2022).

- **Composición nutrimental del nopal verdura producido con fertilización mineral y orgánica**

“El contenido de nutrientes de la verdura del nopal está relacionada con la composición mineral debido a diferentes factores como la fertilización. La verdura de nopal (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) responde a la aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, principalmente al rendimiento y en menor cantidad a la calidad de los nutrientes. El objetivo del experimento fue conocer el efecto de la fertilización mineral y orgánica más la inclusión de compost y la inoculación de la micorriza en la composición

mineral de cladodios jóvenes para consumo del ser humano en el momento de cosecha. Los tratamientos que se consideran para el estudio fueron: 1) Estiércol bovino más fertilizante 17N-17P-17K (E + T 17); 2) Compost más inoculación con el hongo micorrícico *Glomus mosseae* (C + M); 3) Fertilizantes minerales (FM), aplicados por fertirriego; y 4) Testigo, sin aplicación de fertilizante y micorriza.

El sistema de riego utilizado fue por goteo aplicado una vez por semana o cuando la humedad en el suelo llegaba a 35 cbar. La fertilización tuvo un efecto significativo en las concentraciones de Mn, Zn y B, aunque no sucedió lo mismo con el N, P, K, Ca, Mg, Fe y Cu en el cladodio joven o nopalito. La más alta concentración de Mn (81.38 mg kg⁻¹) se obtiene al aplicar el tratamiento FM, la de Zn cuando se aplicó E + T 17 (44.11 mg kg⁻¹), y en el caso de B con la fertilización de FM y E + T 17 (156.09 y 151.77 mg kg⁻¹)” (Ma. del Rocío Santiago-Lorenzo. Et al. 2016)

- **Fertilización y frecuencia de riego en la producción de nopal verdura (*Opuntia ficus indica* L) en túnel de plástico**

“Con la finalidad de conocer la respuesta de la verdura del nopal a la aplicación de la fertilización orgánica y química más la inclusión de la inoculación del hongo micorrícico y la frecuencia de riego, mediante el sistema de túnel de plástico. Desde el 2010 al 2011 se evaluó el rendimiento y los diferentes parámetros de calidad: tales como el índice de color, pH, acidez titulable, textura, contenido de fibra y concentración de nutrientes.

Además, cuantificar el aprovechamiento de agua en el cultivo de verdura nopal (*Opuntia ficus indica* L.). Para lo cual se utiliza un modelo matemático bifactorial con arreglo en parcelas divididas, donde a la parcela grande se considera a la frecuencia de riego cuando la tensión en el suelo es de 35 y 70 cb, y dentro de ella a la fuente de fertilización (composta, inoculación del hongo micorrícico *Glomus mosseae*, fertirriego, composta más inoculación, composta más urea y superfosfato de calcio triple, estiércol y triple 17) a más de un tratamiento control.

El rendimiento producto del efecto estuvo dado por la fuente de fertilización, siendo de mayor rendimiento el tratamiento al utilizar estiércol y triple 17 (266 t ha⁻¹). La relación del índice de color, acidez titulable, contenido de fibra soluble e insoluble y concentración nutrimental en el cladodio, la respuesta fue significativa al interactuar los dos factores estudiados simultáneamente. Los tratamientos que más sobresalieron fueron el estiércol más triple 17, composta más superfosfato de calcio triple y fertirriego y al

utilizar una mayor frecuencia de riego (4 riegos mes⁻¹). Con una anual de 392 mm y una lámina diaria de 1.1mm.” (Flores Barrera, Sofía. Et al. 2013).

- **Calidad postcosecha de nopal verdura con diferente fuente de fertilización y tiempo de refrigeración**

“La aplicación de la fertilización orgánica y mineral en el cultivo del nopal juega un papel importante en la calidad de los productos hortofrutícolas de la misma manera la temperatura de frigoconservación que define la vida de anaquel de los productos. El objetivo del experimento fue evaluar el efecto de la fertilización orgánica y mineral (E + T17, C + M, MFM y un testigo) además del tiempo de almacenamiento en refrigeración a 0, 7, y 14 días a una temperatura de 6 + 1°C, y su efecto en la calidad y vida de anaquel de la verdura de nopal.

La concentración de nutrientes de nopalitos se realizó en los cladodios de 20 a 25 cm de longitud en el momento de la cosecha. Luego del período de refrigeración se analizaron las variables pérdida de peso en términos proporcionales, color (L*a*b), así mismo la firmeza (N) y el contenido de clorofila (mg/100g tejido).

Los resultados alcanzados demostraron que los cladodios que estuvieron bajo el efecto del tratamiento control en la conservación en frío tienden a perder el peso de forma significativa (Tukey $P < 0.05$) al contrastar con aquellos que se mantuvieron en refrigeración durante 7 y 14 días. Las plantas tratadas con composta incluida la inoculación del hongo *Glomus mosseae* (C+M) evaluadas a una temperatura ambiental, mostró mayor pérdida de peso que el tratado únicamente con agua, el color de los nopalitos fue afectado por efecto de la interacción fuente de fertilización y tiempo de almacenamiento refrigerado; en cuanto a la resistencia al corte, los cladodios mostraron diferencia significativa por efecto del tiempo y temperatura de almacenamiento, aunque no se considera que fue por efecto de la fuente de fertilización.” (Santiago Lorenzo, María del Rocío. 2015).

- **Morfología de nopal forrajero cv Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) en sistemas de cultivo del agreste de Pernambuco, Brasil**

“Al analizar las características morfológicas de las plantas forrajeras del nopal influenciadas debido al manejo, las prácticas de fertilización que se consideran importantes; se considera el objetivo de evaluar el efecto de la fertilización con materia orgánica (MO) en niveles de 0, 10,000, 20,000 y 30,000 kg MO ha⁻¹ año⁻¹ y la utilización del estiércol bovino) y mineral de 0, 120, 240 y 360 kg de N ha⁻¹ año-

1 utilizando urea, además de la aplicación en una frecuencia de corte anual y bianual en la longitud, ancho, perímetro, e Índice del Área de Cladodio (IAC) en los cladodios de nopal forrajero cv. Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck), y su efecto en la productividad.

Para lo cual se utiliza un diseño experimental de bloques completamente al azar arreglo de parcelas sub-sub-divididas y cuatro repeticiones. En donde la fertilización con 30,000 kg MO ha⁻¹ año⁻¹ incrementó el ancho y longitud de cladodio de 9.8 a 17.8 % al contrastar con el tratamiento control. En relación con el perímetro de cladodio se incrementó proporcionalmente cuando se incrementa la MO.

En relación con el IAC fue de 68.29 % superior con 25970 kg ha⁻¹ en relación con el tratamiento control. En cuanto a la fertilización mineral únicamente afectó en la variable perímetro de cladodio en el corte anual al aplicar una dosis de 120 kg ha⁻¹ y el IAC fue mayor al realizar el corte bianual. De esta manera se concluye manifestando que la fertilización con MO incrementó el ancho, la longitud y el IAC de los cladodios de nopal forrajero cv Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck), aunque, la fertilización mineral permitió un bajo impacto en el ancho, longitud e IAC, el corte bianual favorece el IAC.” (Paulina Vazquez Mendoza, et al. 2019).

- **Manejo orgánico en la producción de nopal requerido para cultivo de grana cochinilla**

“Frente a los problemas causados en el ambiente que presenta en la agricultura convencional causados por el uso de fertilizantes químicos, fue necesario retornar al uso de los fertilizantes orgánicos con la finalidad de mejorar las condiciones del suelo a partir de materia orgánica, la presencia de microorganismos y la diversidad mineral, tratando de buscar una producción sostenible y sustentable.

Por lo manifestado plantean el objetivo de aplicar un manejo orgánico al cultivo de nopal requerido para la producción de grana cochinilla. Para lo cual emplean insumos orgánicos, tales como el bocashi, microorganismos de montaña y biofermentos, aplicados a los bloques del cultivo de nopal (*Opuntia Ficus indica*) variedad Atlixco, posteriormente meden los parámetros de peso fresco, largo, ancho, y grosor en cladodios, y pH, densidad, viscosidad y azúcares en °Brix en el mucilago, comparando con un testigo.

La aplicación del tratamiento orgánico permite mejorar el peso fresco, el largo y ancho del cladodio, en cuanto al mucilago, se encuentra que el tratamiento orgánico

supera al control en la densidad y azúcares simples (°Brix). Por lo que concluyen que el manejo orgánico del cultivo de nopal mejora las condiciones del cladodio para la producción de grana cochinilla.” (Juan Pablo Arce Ramírez. 2017).

- **El sistema productivo del nopal tunero (*Opuntia albicarpa* y *O. megacantha*) en Axapusco, Estado de México. Problemática y alternativas**

“El presente trabajo tiene como objetivo caracterizar el proceso productivo del nopal tunero en Axapusco en el Estado de México mediante la aplicación de encuestas a los diferentes productores y entrevistas a los diferentes actores sociales. La mayoría de los cuales productores fueron ejidatarios (73 %). Determinando que el sistema de producción tiene una gran variabilidad. Barbechan (37 %) y subsolean (34 %) para la variable preparación del suelo.

En lo relacionado a la densidad de siembra más común está entre 600 y 700 plantas por hectárea en un 38 %. En cuanto a la distancia entre planta y planta es de 4.0 m x 4.0 m siendo la más utilizada en un 55 %. La variedad de tuna más cultivada predomina es la blanca *Opuntia albicarpa* en un 74 %. El 67 % de los productores realizan la labor cultural de deshierba en forma manual. Los productores practican una fertilización orgánica aplicando estiércol fresco de vaca en un 54 %.

La gran mayoría de los productores no reciben asesoría técnica reporta el 96 %. El 71 % de los productores declaran que no reciben apoyo del gobierno para el producto nativo y que genera divisas y sostenibilidad en el campo y soberanía alimentaria. El problema más relevante para los agricultores es la presencia de plagas y enfermedades para el 34 %. Los precios persisten bajos en la comercialización de la tuna y el manejo de las huertas (ambos con 21 %). En ellos incurre una causa subyacente la falta de conocimiento técnico. Por lo que se requiere aplicar estrategias para solucionar esta problemática.” (Sergio Roberto Márquez–Berber. Et al. 2012).

- **Caracterización nutricional del cactus nopal (*Opuntia ficus-indica*) bajo diferentes tratamientos de fertilización**

“El planeta tierra enfrenta grandes cambios en el ambiente, esto no es únicamente como consecuencia de la evolución, sino del acelerado proceso de degradación antrópica. Dentro de este contexto se origina la necesidad de buscar soluciones que mitiguen el bajo nivel de vida de los agricultores, dado que viven en una condición precaria de los ecosistemas actuales que impiden aplicar modelos actuales de explotación de los recursos. El cactus nopal (*Opuntia ficus-indica*) ofrece ventajas en la producción animal,

presentando cómo una alternativa agroecológica fácil de implementar en las zonas semiáridas bajo condiciones adversas y con la utilización de un mínimo de insumos agropecuarios.

Desde este punto de vista el estudio tiene como objetivo evaluar el desempeño nutricional del cactus nopal bajo cuatro tipos de fertilización, mediante el análisis proximal de los alimentos en el laboratorio de nutrición animal, en los especímenes de nopal del jardín botánico se aplican cuatro fertilizaciones, T1: Químico, T2: orgánico, T3: Químico más orgánico y T4: controles aplicados a una frecuencia de 20 días durante tres aplicaciones y agua de riego semanal. Luego de realizar el análisis bromatológico se pudo determinar que el Tratamiento Orgánico fue el de mejor, seguido del Tratamiento 3, luego el tratamiento 1 y por último el tratamiento testigo.” (Rodríguez M., 2007).

- **Efecto de la salinidad en el crecimiento y absorción nutrimental de plantas micropropagadas de nopal (*Opuntia spp*)**

“El sistema hidropónico semiautomático permite que el cultivo de nopal se trasplante y crezca bajo condiciones de invernadero, plantas micropropagadas de nopal (*Opuntia spp*) de tres cultivares identificados como productores de fruta (*O. amyclaea Tenore*), para verdura (*O. ficus-indica Miller (L.)*) y para forraje (*O. ficus-indica Miller (L.)*). Durante la etapa de cultivo se establece gradualmente la aplicación de los diferentes niveles de salinidad [2, 7, 12, y 17 milisiémens (mS)], con la finalidad del efecto en la dinámica de crecimiento y el efecto nutricional.

Pata lo cual se realizaron muestreos a los 44, 107, 169, y 209 días posterior al trasplante y cuantificar la producción de materia fresca y seca de las plantas (PMF y PMS, respectivamente), de la misma manera para la extracción del nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), y magnesio (Mg) en la fracción aérea de las plantas. Los resultados indicaron que la respuesta en términos de PMS y PMF para los cultivos. Consistentemente el cultivo para forraje mostró promedios más altos para las variables (PMF= 255.52 g, PMS= 10.59 g), mientras que el nopal para la producción de fruta los valores fueron más bajos (PMF= 148.60 g, PMS= 6.08 g).

Independientemente del cultivo, el uso de la solución nutritiva con un nivel de salinidad de 2 mS permite registrar mayores valores de PMS (13.77 g), PMF (338.55 g) y la extracción de nutrientes por las plantas (N= 35.4 mg, P= 95.8mg, K= 2914.3 mg, Ca= 117.3 mg, y Mg= 233.9 mg), durante en desarrollo y al final del experimento se observa un abatimiento de los valores de las variables al incrementarse la salinidad de la solución.

Este comportamiento se asocia básicamente a un desbalance de cationes y aniones a nivel de solución nutritiva. A pesar de que la temperatura no se consideró un factor de estudio, se observó un claro efecto de ésta sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas.” (N. Calderón-Paniagua. 2001).

- **Análisis económico de la aplicación de fertilizantes minerales en el rendimiento del nopal tunero**

“El nopal tunero (*Opuntia* spp.) expresa su potencial productivo al aplicar una fertilización mineral (FM) y también orgánica. Sin embargo, no existe reportes del máximo rendimiento óptimo biológico de la tuna tampoco del análisis económico en función de la FM al suelo. Por lo que es necesario el planteamiento del objetivo hacer un análisis económico del rendimiento de la tuna, en términos de tasa de retorno marginal, en base al efecto de diferentes niveles de fertilizantes minerales tales como el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). para lo cual el experimento se estableció en un huerto comercial y se evaluó en el periodo marzo - septiembre de los años 2004, 2005 y 2006. En donde las dosis de N fueron: 0, 30, 60 y 90 kg ha⁻¹, para el P fueron: 0, 30, 45 y 60 kg ha⁻¹ y para el K fueron: 0, 30 y 60 kg ha⁻¹.

Los tratamientos de NPK se arreglaron en una matriz factorial incompleta. El trabajo experimental condujo en un modelo de bloques completos al azar donde los tratamientos se replicaron tres veces. La inclusión de fertilizantes minerales al suelo incrementó, en promedio, el rendimiento de la tuna a partir del segundo ciclo de evaluación. La dosis 90N-30P-30K no sólo promovió un mayor rendimiento, sino que también generó un mayor beneficio-costo y tasa marginal de retorno.

Determinándose que la optimización del rendimiento de la fruta fue de 27 t ha⁻¹ que se obtuvo al aplicar la dosis de 80 kg N ha⁻¹ y 50 kg P ha⁻¹ y coincidió con la mayor tasa de beneficio-costo. Mientras que en el análisis económico no sólo se puede apreciar que las mejores alternativas fue la fertilización mineral en la producción de tuna ‘Cristalina’, sino que también existe otras opciones de fertilización mineral que permiten beneficios económicos.” (Jorge A. Zegbe. Et al. 2014).

- **Abonos orgánicos para el cultivo de nopal verdura en condiciones semidesérticas de San Luis Potosí**

“El cultivo del nopal para verdura en México se considera importante por sus diferentes características ecológicas, nutritivas y de oportunidad económica en las diferentes localidades de alta marginación. En San Luis Potosí, la producción de nopal

tunero se desarrolla de forma tradicional que redundante se caracteriza por su bajo rendimiento. Paralelamente se ha promocionado la alternativa de producción convencional, que tiene como efecto adverso la degradación del suelo y la contaminación ambiental.

La producción agroecológica de nopal procurando mejorar los rendimientos, necesaria para zonas rurales de escasos recursos como las semiáridas de San Luis Potosí. El estudio contribuye al uso de alternativas, que enfocan a la nutrición natural del cultivo de nopal como verdura, comparando el efecto de tres tipos de abonos orgánicos en comparación con el fertilizante convencional.

Las mediciones experimentales estuvieron relacionadas al rendimiento y crecimiento de nopal. Mediante el análisis de varianza encontró diferencias estadísticas significativas para uno de los abonos orgánicos (humus de lombriz) el mismo que permitió registrar el resultado más favorable. Esto confirma que es posible aumentar los rendimientos en condiciones de bajo potencial productivo.” (Ramón Jarquin-Gálvez. Et al. 2019).

- **Sistemas de producción de nopal forrajero en brasil.**

“Se estimó que el sitio semiárido de Brasil tiene una superficie cultivada de nopal superior a 600,000 hectáreas, lo que permite ubicar a este estado como el país con la mayor área de nopal en el mundo, debido a que esta área es destinada la producción de forraje. Brasil cultiva dos especies de nopal, en las regiones más secas la *Opuntia ficus indica* y en áreas con mayor humedad la variedad *Nopalea Cochenillifera*. En la actualidad se emplea dos sistemas de cultivo el tradicional y el tecnificado denominado cultivo intensivo.

El sistema tradicional permite índices de productividad que oscilan entre 30 y 50 toneladas de materia seca por hectárea por año, mientras que en el sistema intensivo se determina rendimientos a 60 toneladas de materia seca por hectárea por año. En Brasil, el nopal es utilizado ampliamente en la alimentación de ganado, bovino, ovino y caprino, que permiten presentar parámetros productivos de mediana a alta eficiencia. Por ser un alimento de bajo costo, siendo una opción viable para los sistemas de producción ganadera en las porciones secas del mundo.” (Aldo Torres Sales. 2010)

- **Rendimiento y concentración nutrimental de Nopal *opuntia ficus-indica* (L.) Mill con aplicaciones de estiércol y fertilizante químico**

“En el aspecto nutricional, existe un reconocimiento entre los productores e investigadores en el sentido de que el nopal se ubica como una planta rústica que responde favorablemente a la aplicación de abonos ya sea orgánicos o químicos, siendo ensayos con una orientación práctica los cuales indudablemente han contribuido a la adopción de esta labor cultural, lo que explica por qué gran parte de la investigación agrícola se refiere a los rendimientos de las plantas, y pocos investigadores consideran la influencia que ejercen las condiciones del suelo en la disponibilidad de nutrientes y éstas a su vez, sobre la producción, por lo que es necesario destinarle mayor atención y contar con más elementos básicos para generar recomendaciones al respecto.” (Zúñiga Tarango. 2004).

- **Calidad nutricional y rendimiento de nopal forrajero abonados orgánicamente**

“El nopal es un recurso forrajero natural y originario de México. Su importancia es reconocida por mucho tiempo debido a que es un recurso estratégico o de emergencia en los sistemas de alimentación de la ganadería, sobre todo en los sistemas basados en la utilización de los agostaderos de zonas áridas y semiáridas. Al país de México se le reconoce como el mayor usuario del nopal en el mundo, y dentro de las diferentes formas de utilización del nopal, es el forraje que tiene mayor volumen de uso, cuya superficie de cultivo data alrededor de 3 millones de hectáreas de nopal forrajero silvestre y 150 mil hectáreas de explotaciones sembradas como forraje para el ganado de agostadero (Vázquez et al., 2005).

El nopal (*Opuntia spp*) ha tenido mayor relevancia en las regiones desérticas y semidesérticas del norte de México, ya que es común observar cambios extremos en temperaturas y períodos prolongados de sequía, con escasez de forraje. Bajo estas condiciones, los ganaderos requieren de alternativas para la alimentación de sus animales y una de estas alternativas es el nopal (Rodríguez y Murillo, 2001)” (José Romualdo Martínez López. 2009).

- **Determinación de normas nutrimentales en nopal (*Opuntia ficus-indica* L.)**

“La especie *Opuntia ficus-indica* L se cultiva en 25 países del mundo principalmente por sus frutas, los cladodios jóvenes o la producción de nopalitos (tallos) y los cladodios maduros. Se considera que México es el único país con producción comercial de nopalitos de *O. ficus-indica* L, se cultiva en 12,041 ha. La producción que

se registró fue de 728,940 ton en 2009, y sus rendimientos promedio anual varían entre 3.09 a 99.93 ton ha⁻¹, registrándose un promedio global de 64.33 ton ha⁻¹. Esta variabilidad de rendimiento anual está asociada a la diversidad de los sistemas agrícolas que hacen que difiera en cuanto a las prácticas de manejo, tales como el sistema de fertilización, labor estrechamente vinculada para satisfacer los requerimientos nutricionales de los cultivos.

Las normas preliminares para el cultivo de *O. ficus-indica* L. se desarrolla con la técnica del diagnóstico de nutrientes compuesto (DNC); sin embargo, se desconoce su nivel de confianza. De esta manera, una base de datos (n=360) de rendimiento (biomasa) y concentración de los nutrimentos N, P, K, Ca y Mg, generada en un experimento establecido en abril de 1999, en El Orito, Zacatecas se usó con el objetivo de desarrollar los estándares nutrimentales mediante la línea o curva límite y compararlos con las normas de DNC, ya reportadas en la literatura científica para determinar su confiabilidad.

El coeficiente de correlación de Pearson también involucra, cuyo objetivo es identificar las interacciones nutricionales sean significativas. La línea que se ajusta a una función de segundo grado para los casos de N, P, K, Ca y Mg. Y los estándares de la técnica de línea límite para *Opuntia ficus-indica* L. son: N=13.07 g kg⁻¹, P=3.19 g kg⁻¹, K=44.39 g kg⁻¹, Ca=38.09 g kg⁻¹ y Mg=17.29 g kg⁻¹; mientras que los rangos de suficiencia a 95% de rendimiento son 8.41–20.28 g kg⁻¹ para N, 2.44–4.22 g kg⁻¹ para P, 38.23–50.76 g kg⁻¹ para K, 31.82–45.15 g kg⁻¹ para Ca y 14.3–20.91 g kg⁻¹ para el Mg. Los valores inferior y superior de los rangos de suficiencia a 95% de rendimiento son tan confiables como las normas nutrimentales desarrolladas con la técnica de DNC.” (Fidel Blanco Macías. 2010).

- **Alternativas de producción del nopal en el Estado de México**

“El proceso productivo del cultivo de nopal de la región del Valle de Teotihuacán, y la necesidad de ampliar el mercado a través de la elaboración de productos derivados, el objetivo es presentar varias alternativas de producción e industrialización, algunas de las cuales promueven el emprendimiento social contribuyendo a la generación de fuentes de empleo e impulsan el desarrollo económico de la región y del país, considerado dentro de las economías emergentes del mundo.

Las alternativas de trabajo bajo una metodología de alcance exploratorio y el diseño explicativo secuencial, analiza una base de datos estadísticos publicados por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, la misma que aplican a través de

encuestas a un grupo de productores con la finalidad de identificar las características de su producción y los retos que enfrentan, determinándose el tipo de producción más conveniente y la sugieren alternativas.” (Sandoval-Trujillo, Sendy Janet. Et al. 2019).

- **Características y retos del sistema de cultivo nopal verdura en Cuautlacingo, Otumba**

“El Estado de México se considera el tercer productor de nopal verdura a nivel nacional, Otumba concentra 57 % en relación con la producción nacional. Por la década de 2010-2020 la superficie de cultivo de nopal se incrementa 27%, con un incremento de 44% en la producción. Sin embargo, produce una serie de limitantes socioeconómicas y técnicas. El objetivo del trabajo de investigación fue diagnosticar los sistemas de cultivo de nopal verdura en Cuautlacingo, Otumba, Estado de México con la finalidad de proponer estrategias para mejorar el funcionamiento.

Se trabajó con la participación de 47 productores cooperantes quienes llenaron un cuestionario estructurado en tres ejes: 1) características socioeconómicas de las unidades de producción; 2) características del sistema de cultivo de nopal verdura; y 3) itinerario técnico del sistema de cultivo de nopal verdura. Mediante en análisis de conglomerados pueden identificar dos grupos de productores, la problemática a la que enfrentan e inciden notablemente tales como la presencia de plagas y enfermedades, la escasa tecnificación, la escasa organización y los canales de comercialización, por lo que necesitan capacitación y acompañamiento técnico y carencia de impulso gubernamental.

Por lo que se recomienda fusionar esfuerzos para plantear acciones, atender y desarrollar los nichos de producción y de comercialización en la región además de buscar alternativas para aumentar la competitividad del nopal verdura.” (Diego Flores Sanchez, et al. 2023).

- ***Evaluación de cuatro densidades de siembra de nopal (Opuntia ficus indica L. Miller), en la comunidad de Buena Vista del Sur, Diriamba***

“En la finca Guadarrama de la comunidad Buena Vista del Sur del municipio de Diriamba, Carazo, en los meses de Julio a Noviembre del 2004 se evaluó cuatro densidades de siembra de nopal con el objetivo de establecer el mejor distanciamiento de siembra en el cultivo del Nopal (*Opuntia ficus indica* L. Miller), la distancia a la cual se estableció el cultivo es de 0.5, 1, 1.5 y 2 metros entre plantas con dos metros entre surcos, para determinar el mejor distanciamiento se obtuvo los mejores rendimientos, se estableció el experimento bajo un diseño experimental con bloques completos al azar

(BCA) con 6 repeticiones por tratamiento, se evaluó el número, longitud y diámetro de brotes por planta, así como el porcentaje de sobrevivencia, el número de brotes en los tratamientos 0.5 y 1 metro entre plantas presentaron los mejores resultados a los 105 días después de la siembra (dds) con 3.14 y 2.38 brotes por planta respectivamente, en longitud de brotes no hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos, observándose el mayor valor numérico en el tratamiento de 0.5 con 4.45 cm/brote; la variable diámetro por brote los mejores resultados se obtuvieron al aplicar los tratamientos 0.5 y 1 metro por planta con 4.45 y 4.42 cm/brote, la sobrevivencia de las plantas fue significativamente entre los tratamientos obteniendo los mejores resultados al aplicar el distanciamiento de 0.5 metros entre planta con 99.15 %, los menores porcentajes de sobrevivencia se encontraron con el distanciamiento de 2 metros entre plantas, el cual presentó un 98.88 % de sobrevivencia” (Alonso Espinoza, 2007).

- **Interacciones nutrimentales y normas de la técnica de nutrimento compuesto en nopal**

“La falta conocimientos básicos sobre la nutrición del cultivo de nopal, esto permite hacerlo más productivo. Desde este punto de vista, se utilizó la técnica de Diagnóstico de Nutrimento Compuesto (DNC) con la finalidad de definir normas preliminares de nutrición en nopal (*Opuntia ficus-indica* L. Miller), sustentada en la relación cúbica entre los rendimientos y las funciones de proporción de varianza acumulada, así como en la función de distribución χ^2 de los índices de nutrición global. Se considera la base de la información con un total de 180 observaciones de rendimiento (expresado en peso fresco de cladodio por planta) y las concentraciones (%) de N, P, K, Ca y Mg en cladodios de un año de cultivo.

El rendimiento de biomasa de nopal depende de las concentraciones de N ($P \leq 0.01$), K ($P \leq 0.05$) y Mg ($P \leq 0.05$). Se apreciaron los siguientes sinergismos significativos: P-K ($P \leq 0.05$), K-Mg ($P \leq 0.01$) y Mg-Ca ($P \leq 0.01$); y los antagonismos: N-Ca ($P \leq 0.01$) y N-Mg ($P \leq 0.05$). Las normas preliminares de DNC propuestas y expresadas como logaritmos de las proporciones centradas (media $\pm$ desviación estándar) para $d = 5$ nutrientes, con base en una subpoblación ($n = 57$) de alto rendimiento (más de 46.7 kg·planta⁻¹ de cladodios de nopal cultivado en un suelo calcáreo) son: * NV = -0.98 ± 0.35 , * PV = -2.23 ± 0.21 , * KV = 0.25 ± 0.19 , * Ca V = 0.37 ± 0.35 , * Mg V = -0.71 ± 0.17 , y * Rd V = 3.29 ± 0.09 .

Esas normas corresponden a los siguientes rangos de concentraciones óptimas (medias $\pm$ desviación estándar) en los cladodios: 1.29 ± 0.47 de N (%), 0.36 ± 0.08 de P (%), 4.24 ± 0.88 de K (%), 4.96 ± 1.73 de Ca (%) y 1.61 ± 0.27 de Mg (%). El nopal concentra más de cuatro veces K y Ca que N, demostrando que es una planta calcitrófica. Algo similar ocurre entre Mg y P, pues el primero se concentra cuatro veces más que el segundo” (Blanco Macías, Fidel. 2006).

- ***Efecto de enmiendas nutricionales sobre el rendimiento del nopal (*Opuntia ficus indica* L.) en Diriamba***

“En zonas desérticas se encuentran una gran diversidad de especies vegetales, entre las que encontramos al nopal (*Opuntia ficus indica* L.) cuyas características xerófitas le permiten sobrevivir en condiciones adversas, tanto climáticas como edafológicas. En países como México, el nopal resulta ser una alternativa alimenticia para humanos y animales; basado en esto, surge la idea de generar información agronómica acerca del cultivo, con el objetivo de dar una respuesta a los problemas de hambre que actualmente acontecen en el país, brindando información sobre el potencial del cultivo para adaptarse a zonas marginales, donde otros no pueden producir.

En la finca Guadarrama, ubicada en la comunidad Buena Vista Sur en el kilómetro 56 $\frac{1}{2}$ carretera Diriamba - La Boquita del departamento de Carazo, con un clima de trópico seco, se estableció el 6 de Julio del 2007, un ensayo con el propósito de determinar la influencia de diferentes enmiendas nutricionales sobre el rendimiento del nopal. El diseño experimental fue un Bloque Completo al Azar (BCA) con 4 repeticiones y 6 tratamientos (Compost 2 kg/planta, estiércol 2 kg/planta, gallinaza 0.5 kg/planta, lombríhumus 0.5 kg/planta, fertilizante 12-15-10, 0.03 kg/planta y Testigo absoluto), analizando las siguientes variables: sobrevivencia, diámetro y largo de brotes, brotes por planta, brotes totales y peso de brotes a cosecha, a los 120 dds los resultados más significativos fueron: la sobrevivencia fue de un 100 %, el promedio del largo de brotes osciló entre 10.5 - 12.5 cm sin significancia estadística, el diámetro osciló entre 4.5 - 5.2 cm sin presentar diferencias estadísticas significativas.

El mejor rendimiento fue obtenido por el fertilizante con 2 661.65 kg/ha seguido del compost con 1176.16 kg/ha. En brotes/ha cosechados el primer lugar lo obtuvo el fertilizante completo con 61 700 kg/ha seguido del compost con 22 500 kg/ha.” (Orúe Gomez, Rene Javier, 2007).

- **Desarrollo radical, rendimiento y concentración mineral en nopal *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. en diferentes tratamientos de fertilización**

“El objetivo del desarrollo radical, rendimiento y concentración mineral de la *Opuntia ficus indica* fue determinar el efecto de las aplicaciones de estiércol bovino y fertilizante mineral en diferentes profundidades con respecto al crecimiento radical, producción de materia seca y concentración de nutrientes en nopalito. El trabajo experimental se realizó durante 18 meses en el cual se aplicaron dos dosis de estiércol bovino (100 y 300 t ha⁻¹) o una dosis de fertilizante mineral aplicados en tres profundidades (0-18, 18-36 y 36-54 cm), además de un control.

El experimento se estableció considerando un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los resultados experimentales mostraron que la abundancia relativa de raíces de las plantas de nopal fue al utilizar el primer estrato (0 a 18 cm) que presentó un 96%, seguido del estrato de 18 a 36 cm con 3 %. El rendimiento de nopalitos, la producción de materia seca y el número de brotes fueron mayores en las plantas sometidas al tratamiento de 100 t ha⁻¹ de estiércol aplicado en el estrato superior (0 a 18 cm).

El contenido mineral de los cladodios mostró valores similares entre tratamientos y el testigo; sin embargo, la concentración de fósforo y de micro elementos fue mayor en las plantas sometidas a los tratamientos de estiércol en el estrato de 0 a 18 cm. Las aplicaciones de estiércol incrementaron el contenido mineral y de materia orgánica del suelo al final del experimento.” (Rafael Zúñiga-Tarango, et al. 2009).

- **Retraso de la cosecha en nopal tunero cv. Cristalina**

“El precio de la tuna se reduce durante los meses de agosto y septiembre en el Norte–Centro de México debido a que la cosecha se concentra principalmente en esos meses. El retardo de la cosecha es una alternativa a solucionar y fue el objetivo del trabajo de investigación. Se usaron árboles de nopal tunero del cv. Cristalina de cuatro años. Los tratamientos fueron: 1) dejar el desarrollo normal del primer flujo vegetativo y reproductivo y se consideró como testigo, y 2) inducir un segundo flujo vegetativo y reproductivo.

El segundo tratamiento retrasó la cosecha por 45 días, e incrementó el peso y la firmeza del fruto, pero el rendimiento se redujo en un 65% comparado con el testigo. Después de cuatro semanas en almacenamiento, la firmeza y la concentración de materia fueron significativamente mayores en los frutos obtenidos fuera de temporada. No obstante, la respuesta positiva del cv. Cristalina al retraso de la cosecha, se requieren

estudios adicionales en diferentes ambientes y cultivares de nopal tunero con alto valor comercial.” (J. A. Zegbe. 2007).

6.2 Investigaciones en Cochinilla

- **Grana Cochinilla: comparación de métodos de producción en penca cortada.**

Grana cochinilla: comparación de métodos

“La demanda creciente de los colorantes naturales ha estimulado la investigación para producción de cochinilla (*Dactylopius coccus*). En el presente estudio se evaluaron cuatro formas de acomodo de pencas de nopal y cuatro métodos de infestación de las pencas para la producción de cochinilla *Dactylopius coccus* en invernadero. La eficiencia se determinó a través del número de hembras por penca y el cálculo del costo utilidad. El método más eficiente fue el de infestación con nido de tul en pencas acomodadas verticalmente en una red de rafia” (Cristóbal Aldama-Aguilera. Et al. 2003).

- **Caracterización de fincas productoras de tuna (*Opuntia ficus indica*) para la producción de cochinilla del carmín (*Dactylopius coccus*) en La Joya (Arequipa, Perú)**

“En Arequipa perteneciente al Perú, se caracterizó las fincas productoras de tuna para la producción de cochinilla del carmín. Se trabajó en las irrigaciones La Joya Antigua, El Triunfo, La Cano y San Isidro, tomando una muestra (n=252) de una población total de 819 agricultores.

Se aplicó el respectivo cuestionario en la cual se utilizó preguntas que tratan aspectos técnicos, sociales y económicos. Encontrándose fincas complejas y diversas. Se considera que la producción de cochinilla del carmín es una actividad muy importante, complementada con la ganadería lechera y cultivos (anuales o frutales) para el mercado local y de exportación.

Los rendimientos que generan ingresos no son bajos, pero estos pueden ser mejores si se maneja en asociatividad y técnicas de cultivo. Por la cercanía a la ciudad de Arequipa, se dispone de servicios básicos, aunque el servicio de agua potable y el asfaltado de vías internas, es deficiente. El análisis de conglomerados por el Método de Ward y una distancia Euclidiana Cuadrada de 600, determina seis grupos de fincas.

El tipo VI, es el más frecuente (23 % del total), en la Irrigación La Cano, con 4.6 hectáreas instaladas con tuna (de un total de 8 ha), 574 kg ha⁻¹ de cochinilla seca y USD \$ 7418 de ingreso neto, por hectárea año” (Alberto Anculle Arenas. 2017).

- **La producción de cochinilla en el municipio de Sahapaqui para su desarrollo rural y sustentable**

“Bolivia es uno de los países andinos que se ha caracterizado históricamente por ser exportador de materias primas y productos sin valor agregado, este tema hace pensar que este país tiene poco desarrollo en el sector agrario, razón por lo cual el presente trabajo propone la producción conjunta de tuna-cochinilla en el Municipio de Sapahaqui, esto permite generar un ingreso adicional a las familias productoras, de ésta manera fortaleciendo el desarrollo rural sustentable en esta región del país, para ello se toma en consideración a la escuela neoclásica del pensamiento económico, dando el sustento a las teorías de desarrollo económico y al pensamiento económico de D. North para enfatizar las teorías actuales sobre el desarrollo.

Y posteriormente desarrollar de carácter obligatorio una información relevante respecto a los colorantes y en especial a la producción y extracción del carmín de cochinilla, debido a que antecedentes históricos, como el Programa Nacional de la Grana-Cochinilla de México (1999), hace referencia a los planes de desarrollo rural sustentable que se encuentran en las agendas del Banco Mundial (BM) y Banco Interamericano de Desarrollo (BID) además programas de CRIAR que se implementó el 2011 en varios municipios de Bolivia.

En el trabajo puntualizan el desarrollo del mercado internacional de referencia del Perú por ser el primer productor a nivel mundial. Y en el ámbito nacional se da una perspectiva general sobre cómo fue cambiando el mercado en los productores que poseen poca información tanto del producto como la del mercado. Tanto la cochinilla y la tuna provienen del nopal, la tuna es una fruta conocida en los mercados locales, pero muchos de los consumidores no conocen las increíbles facultades de esta, es originaria de América Latina, específicamente de México, la tuna (fruto del nopal), puede encontrarse hoy en varios países del mundo, pero mientras que en algunas regiones es un bocado común en sus muchas variedades, en Europa, se considera un manjar exótico y no está al alcance de cualquier bolsillo. En La Paz, el Municipio de Sapahaqui tiene como una alternativa económica, desarrollar la producción conjunta de cochinilla y tuna, reduciendo la baja productividad de los tunales, para la diversificación del tunal y la elaboración del carmín, en el que se da a conocer la PROPUESTA PARA IMPULSAR EL MANEJO AGROECOLÓGICO DE LOS CULTIVOS DE NOPAL EN EL MUNICIPIO DE SAPAHAQUI debido a la creciente demanda en el mercado mundial y la industria

alimenticia nacional, además de incrementar el volumen en exportación de la cochinilla y carmín, que generara un ingreso adicional a las familias productoras fortaleciendo el desarrollo rural sustentable del Municipio de Sapahaqui” (Luque Aruquipa, Boris Clever y Ramos Morales, Ana Verónica. 2018).

- **Producción de grana-cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en plantas de nopal a la intemperie y en microtúneles**

“Para obtener el ácido carmínico de la grana cochinilla como colorante rojo natural, algunos países producen grana-cochinilla a cielo abierto. En México, las condiciones ambientales, los enemigos naturales y los competidores, hacen necesaria su producción en pencas de nopal cortadas y bajo protección, lo que sugiere una desventaja respecto a la producción en otros países.

Por esta razón, se infestaron plantas de nopal a cielo abierto y bajo protección en dos tipos de microtúneles. Se evaluó el peso fresco y seco, contenido de ácido carmínico, la duración del ciclo biológico y la presencia de enemigos naturales de la cochinilla, así como la resistencia de la planta de nopal a varios ciclos. El microtúnel con plástico transparente fue el mejor tratamiento para producir grana cochinilla.

La planta resistió tres ciclos en el microtúnel con plástico transparente, contra sólo dos en el de lona de rafia. El ciclo biológico se acortó cuando la temperatura aumentó y fue menor dentro de los microtúneles que a cielo abierto. El contenido de ácido carmínico varió de 19.4 a 22.9 %. Los enemigos naturales de *Dactylopius coccus* encontrados fueron *Baccha* sp., *Laetilia coccidivora* Comstock, *Hyperaspis trifurcata* Shaeffer, *Symphorobius* sp., además de *Dactylopius opuntiae* Cockerell un competidor de la grana cochinilla” (Cristóbal Aldama-Aguilera. Et al. 2005).

- **Grana cochinilla: comparación de métodos de producción en penca cortada**

“La creciente demanda de colorantes naturales tales como el ácido carmínico de la grana cochinilla han estimulado la investigación para producción de cochinilla (*Dactylopius coccus*). En este estudio se evaluaron cuatro formas de acomodo de pencas de nopal y cuatro métodos de infestación de las pencas para la producción de cochinilla *Dactylopius coccus* en invernadero.

La eficiencia se determinó a través del número de hembras por penca y el cálculo del costo utilidad. El método más eficiente fue el de infestación con nido de tul en pencas acomodadas verticalmente en una red de rafia.” (Cristóbal Aldama-Aguilera y Celina Llanderal-Cázares. 2003).

- **Factores Bióticos y Concentración de Ácido Carmínico en la Cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) (Homoptera: Dactylopiidae)**

“La cochinilla, *Dactylopius coccus* Costa (Homoptera: Dactylopiidae) pertenece al grupo de los insectos que crece sobre la tuna, *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. Cactaceae, y es explotada por su capacidad particular de producir colorantes naturales basados en el ácido carmínico. La cochinilla fue introducida a Chile en 1989. Las exportaciones de cochinilla seca se iniciaron en 1994 y los volúmenes y montos se elevaron de manera significativa año a año, hasta alcanzar a cubrir más del 15% de la demanda mundial. Sin embargo, el precio actual de la cochinilla se acerca a los costos de producción, siendo necesario aumentar los rendimientos sin aumentar los costos.

En este trabajo se describe el efecto de diversas variables bióticas sobre la concentración de ácido carmínico (CAC), la que fue afectada positivamente por la densidad de cochinillas en torno a la cochinilla focal, la edad y el estado nutricional de la planta, y negativamente por la edad del cladodio. La estación afectó significativamente la CAC: 16,9 % del peso seco de cochinilla en otoño y 19,1 % en primavera. Estos conocimientos abren la puerta para el diseño de estrategias de manejo que conduzcan a un incremento de la CAC en la cochinilla” (Luis C Rodríguez. Luis Espinoza. 2005).

- **Enemigos naturales de la grana cochinilla del nopal *Dactylopius coccus* Costa (Hemiptera: Dactylopiidae)**

“La grana cochinilla se utiliza para una gran variedad de fines en el mundo; es una importante fuente de ingresos y juega un papel decisivo para manejar zonas áridas y semiáridas que difícilmente podrían explotarse de diferente forma. Tres de los usos más comunes de *O. ficus-indica* son el consumo en fresco de sus frutos (tunas), el consumo de cladodios jóvenes como vegetales (nopalitos) -especialmente en México-, y como hospedera para cultivar un insecto (*Dactylopius coccus* Costa) y obtener el colorante denominado rojo carmín.

Este insecto denominado grana cochinilla, o cochinilla fina del nopal se cultiva desde tiempos precolombinos; actualmente, su venta proporciona ingresos económicos en varias partes del mundo especialmente Perú, Islas Canarias, Chile, India y México” (Rodríguez-Leyva, E., J. R. Lomeli-Flores, y J. M. Vanegas-Rico. 2010).

- **La producción de grana cochinilla en Oaxaca a principios del siglo XIX**

“Para explicar el movimiento de la producción de grana cochinilla en Oaxaca entre 1810 y 1830 se debe destacar que, en la economía regional, parece evidente que la penosa

marcha hacia la conformación del Estado nacional dejó sentir sus efectos sobre este sector. Esta experiencia influyó en que una amplia bibliografía dejase de lado tres problemas de indudable importancia. El primero tiene que ver con las cargas fiscales que gravaron la producción y circulación de cochinilla. El segundo se concentra en la escasez de fuentes de financiamiento para este sector. El tercero se relaciona con el surgimiento de nuevas zonas productoras del tinte.” (Luis Alberto Arrioja Díaz Viruell. 2004).

- **Producción de la cochinilla peruana y su exportación durante el periodo 2014 – 2018**

“El objetivo de la siguiente investigación es: Describir la producción de la cochinilla peruana y su exportación durante el periodo 2014 – 2018. La investigación realizada fue con un nivel o alcance Descriptivo, con un diseño no experimental con dos variables. La población estuvo conformada por las toneladas métricas de producción de la cochinilla peruana en el periodo 2014-2018 y el volumen de exportación de dicho producto, y la muestra considerada fueron los datos obtenidos en las tablas de organismos oficiales y privados Como MINAGRI, SERFOR, PROMPERU, etc.

Aplicando el tipo de muestreo no probabilístico. Para el análisis de datos se utilizó el estadístico descriptivo aplicando el software SPSS versión 25, después de recopilar y organizar, los datos logrando: 1. Organizar: Tablas, 2. Representar: Figuras y 3. Describir variables y dimensiones.” (Bustios Condori, Maricielo del Carmen. 2004).

- **Producción y control de calidad de la grana cochinilla**

“El nopal es una planta que pertenece a la familia Cactaceae. En él se hospeda el insecto conocido normalmente como grana cochinilla del que se pueden ubicar dos tipos: la silvestre, que se caracteriza por una cubierta con cera algodonosa; y la fina o cultivada, la cual presenta cera pulverulenta y es utilizada comercialmente para la producción de pigmento, cuyo principio activo es el ácido carmínico. La calidad preferida es aquella con más de 22% de ácido carmínico.

Los sistemas de producción dentro de la empresa “PLANPULU”, ubicada en el ejido de Urireo, es por medio de invernadero, y dentro de él se encuentran las nopalotecas (lugar donde cuelgan los cladodios). El presente proyecto se realizó en dos fases: en la primera se hizo el análisis y características de los cladodios, donde se escogieron pencas, a las que se les determinó el peso, largo, ancho y grosor, para después llevarlas a la infestación por medio del método de gravedad; en la segunda fase se llevó a cabo el manejo postcosecha, donde se realizó el secado de la grana y la determinación del ácido

carmínico. Teniendo como resultado que en las pencas (N-3) se obtuvo una mayor producción de grana en peso seco 2.209 ± 1.159 .” (Ana Myriam Guadalupe Ramírez Delgado, Gabriela Arroyo Figueroa. 2017).

- **Producción de Grana Cochinilla con Diferentes Sistemas de Infestación**

“Para evaluar el método de infestación apropiado para la producción de grana cochinilla, *Dactylopius coccus* Costa, en el estado de Puebla se probó el método de infestación con hoja de maíz, el cual se comparó con tres métodos ya documentados: tenate, bolsa de tul, y gravedad, en traspatio usando cladodios de *Opuntia ficus-indica* (L) Mill. El mayor peso seco de *D. coccus* por cladodio (2.01 g) fue el uso de hoja de maíz, seguido de tenate. En la clasificación de segunda calidad de grana cochinilla el porcentaje de ácido carmínico del método de bolsa de tul fue el mejor seguido del método de tenate. El método de hoja de maíz se puede considerar una nueva opción para los productores de grana cochinilla” (Hannelore Govela-Contreras, et al. 2021).

- **Manejo integrado de las cochinillas de las raíces del café**

“El adecuado manejo de los problemas fitosanitarios inicia en la etapa de la producción de plantas sanas, libres de plagas y enfermedades en las etapas de germinación y almácigo. En Colombia, la presencia de las cochinillas en las raíces, que son insectos de varias especies que ocasionan pérdida de árboles durante las siembras de nuevos cafetales, limitan la producción en varias regiones de la geografía.

El presente Avance Técnico provee información sobre las recomendaciones de manejo oportuno de las cochinillas de las raíces del café en las diferentes etapas de desarrollo del cultivo.” (Gil P., Z.N. Benavides M., P. Villegas G., C. 2015).

- **Induced infestations of cochineal *Dactylopius coccus* (Homoptera, Dactylopiidae), in Santiago del Estero, Argentina**

“La producción de grana cochinilla para la obtención de ácido carmínico despierta el interés en diversas regiones de Argentina aptas para la cría del insecto. El objetivo del presente trabajo de investigación es determinar valores de rendimiento y el número óptimo de hembras madres en nidos a utilizar en las infestaciones inducidas de *Dactylopius coccus* Costa en cría bajo protección, en las condiciones climáticas de la Región del Chaco Semiárido.

La producción se evalúa en función del número y del peso fresco de insectos hembra obtenidos por cladodio. Los valores de rendimiento de la producción se encuentran comprendidos entre los mencionados en la literatura para condiciones

semejantes. La cantidad óptima para usar en los nidos de infestación fue de 15 cochinillas ovíparas. Se obtuvo un mayor número de hembras madres por clado en las producciones de verano que en las de invierno.” (Diodato; Fuster, A. y de Galindez, M. J.. 2009).

6.3 Investigaciones con ácido carmínico

- **Tendencias emergentes de investigación científica sobre *Dactylopius coccus* Costa (Hemiptera: dactylopiidae), ácido carmínico y sus derivados: un análisis bibliométrico**

“El objetivo de identificar las temáticas emergentes de la producción científica a través de un enfoque de indicadores bibliométricos (IB) unidimensionales y multidimensionales sobre *Dactylopius coccus*, ácido carmínico (AC) y derivados, de 1980 a 2019. Los IB se obtuvieron con los programas informáticos Excel®, *bibliometrix*, y VOSviewer. Durante el periodo en estudio se registró un crecimiento de las publicaciones en el cual predominaron los artículos científicos en inglés, concentrados en dos revistas: Food Chemistry y Journal of Raman Spectroscopy. I. Karapanagiotis resultó el autor con la productividad más alta; los autores con mayor influencia en la generación de nuevo conocimiento fueron M. Leona (576 citas) y F. Casadio (568 citas) ambos de los Estados Unidos de América (EE. UU.).

La investigación principal se orientó a la identificación, caracterización y análisis del AC con diferentes técnicas. Otras temáticas emergentes e innovadoras destacadas fueron la aplicación del AC en celdas solares, y sus propiedades terapéuticas como antioxidante y para prevención de cáncer. Algunos de los temas recurrentes se relacionaron con aspectos biológicos del insecto, los efectos secundarios asociados con el consumo o exposición al AC, a la tinción de fibras naturales o animales y a sus aplicaciones como aditivo alimentario” (Bravo Vinaja, Ángel, & Méndez Gallegos, S. de J. 2023).

BIBLIOGRAFÍA

- Agrios, G. N. (1995). Fitopatología (1a ed.). Mexico UTEHA/Noriega.
- Alba Suaste Dzul, Reyna Isabel Rojas Martínez, Emma Zavaleta Mejía, y Daisy Pérez Brito. 2012. Detección Molecular de Fitoplasmas en Nopal Tunero (*Opuntia ficus indica*) con Síntomas de Engrosamiento del Cladodio. Rev. mex. fitopatol vol.30 no.1 Texcoco.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092012000100007
- Alberto Anculle Arenas, Viviana Castro Cepero y Alberto Julca Otiniano. 2017. Caracterización de fincas productoras de tuna (*Opuntia ficus indica*) para la producción de cochinilla del carmín (*Dactylopius coccus*) en La Joya (Arequipa, Perú). VOL. 10, NÚM. 2 (2017): julio-diciembre. Revista de investigación Información Santiaguina
- Aldana M. M. L., M. del C. García M., G. Rodríguez O., M. I. Silveira G., y A. I. Valenzuela Q. 2008. Determinación de insecticidas organofosforados en nopal verdura fresco y deshidratado. Rev. Fitotec. Mex. 31: 133-139.
- Aldo Torres Sales. 2010. Sistemas de producción de nopal forrajero en brasil. Sistemas de producción de nopal forrajero en brasil. RESPYN Revista Salud Pública y Nutrición, Edición Especial No. 5-2010. (ISSN 1870-0160). https://www.researchgate.net/profile/Aldo-Torres-Sales/publication/279513549_SISTEMAS_DE_PRODUCCION_DE_NOPAL_FORRAJERO_EN_BRASIL/links/5594025f08aed7453d47d0de/SISTEMAS-DE-PRODUCCION-DE-NOPAL-FORRAJERO-EN-BRASIL.pdf
- Álvarez, L. 1995. “Anteproyecto de una planta industrial para la elaboración de la jalea y aceite a partir de pulpa y semilla de tuna”. Tesis. Arequipa-Perú.
- Alonso Espinoza, Bayardo Antonio and Cruz Reyez, Osman Antonio (2007) *Evaluación de cuatro densidades de siembra de nopal (Opuntia ficus indica L. Miller), en la comunidad de Buena Vista del Sur, Diriamba, Nicaragua*. Ingeniería thesis, Universidad Nacional Agraria, UNA. <https://repositorio.una.edu.ni/2042/>
- Ana Surazi Reyes-Terrazas, Diego Flores-Sánchez, Hermilio Navarro-Garza, Ma. Antonia Pérez-Olvera y Gustavo Almaguer-Vargas. 2023. Características y retos del sistema de cultivo nopal verdura en Cuautlancingo, Otumba. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 14(2):211-222. DOI:10.29312/remexca.v14i2.3079
- AL-Vigueras, G., & Portillo, L. (2001). Uses of *Opuntia* species and the potential impact of *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae) in Mexico. Florida Entomologist, 493-498.

- Arrollo V., Debach, M., Álvarez, C. (1977). Lucha biológica contra los enemigos de las plantas. Mundi-Prensa
- Aquino, G., y N. Bárcenas. 1999. Cría de cochinilla para la producción de grana y sus posibilidades de resurgimiento en México. 34 p. VI Congreso Internacional Sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. 6-10 de octubre. Universidad Autónoma San Luis Potosí, San Luis Potosí, México. Eisner, T., S. Nowicky, M. Goetz, and J. Meinwald. 1980. Red cochineal dye (carminic acid): its role in nature. *Science* 208:1039-1042.
- Aguilar, S. L.; Martínez, D. M. T.; Barrientos, P. A. F.; Aguilar, G. N. y Gallegos, V. C. 2007. Potencial de oscurecimiento enzimático de variedades de nopalitos. *J. PACD*. 9:165-184.
- Aquino, L.; Rodríguez, J.; Méndez, L. y Torres, K. 2009. Inhibición del oscurecimiento con mucílago de nopal (*Opuntia ficus indica*) en el secado de plátano Roatan. *Información Tecnológica*. 20.4:15.
- Betancourt, D. M. A.; Hernández, P. P.; García, S. A.; Cruz, H. F. and Paredes, L. O. 2006. Physico-chemical changes in cladodes (nopalitos) from cultivated and wild cacti (*Opuntia* spp.). *Plant Foods for Human Nutrition*. 61:115-119.
- Blanco, M. F.; Valdez, C. R. and Ruiz, G. R. R. 2002. Intensive production of cactus pear under plastic tunnels. In: Nefzaoui, A. and Inglese, P. (Eds.). *Proc. 4th International Congress on Cactus Pear and Cochineal*. Oct. 22-28. Hammamet, Tunes. *Acta Hort*. 581:279-282.
- Barnett, H. L., & Hunter, B. B. (1972). *Illustrated genera of imperfect fungi*. JSTOR.
- Boratynski, K., & Davies, R. (1971). The taxonomic value of male Coccoidea (Homoptera) with an evaluation of some numerical techniques. *Biological*, 3(1), 57-102.
- Blanco Macías, Fidel Lara Herrera, Alfredo, Valdez Cepeda, Ricardo David, Luna Flores, Maximino, Salas Luevano, Miguel Ángel y Cortés Bañuelos, Joaquín O. 2006. Interacciones nutrimentales y normas de la técnica de nutrimento compuesto en nopal. Universidad Autónoma Chapingo. <http://ricaxcan.uaz.edu.mx/jspui/handle/20.500.11845/947>
- Blanco-Macías, F.; Lara-Herrera, A.; Valdez-Cepeda, R. D.; Cortés-Bañuelos, J. O.; Luna-Flores, M.; Salas-Luevano, M. A. 2006. Interacciones nutrimentales y normas de la técnica de nutrimento compuesto en nopal (*Opuntia ficusindica* L. Miller). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, vol. 12, núm. 2, julio-diciembre, 2006, pp. 165-175 Universidad Autónoma Chapingo Chapingo, México.

- Bravo Vinaja, Ángel, & Méndez Gallegos, S. de J. (2023). Tendencias emergentes de investigación científica sobre *Dactylopius coccus* Costa (Hemiptera: dactylopiidae), ácido carmínico y sus derivados: un análisis bibliométrico. *Agricultura, Sociedad Y Desarrollo*, 20(2). <https://doi.org/10.22231/asyd.v20i2.1387>
- Bernini, R., Crisante, F., Ginnasi, M.C., 2011. A Convenient and Safe O-Methylation of Flavonoids with Dimethyl Carbonate (DMC). *Molecules* 16, 1418–1425. <https://doi.org/10.3390/molecules16021418>
- Bustios Condori, Maricielo del Carmen. 2004. Producción de la cochinilla peruana y su exportación durante el periodo 2014 – 2018. *Cochinilla - Industria y comercio Exportación - Perú Comercio internacional - Perú* <https://hdl.handle.net/20.500.12692/50661>
- Bateman, J. 1970. “Nutricional Animal. Manual de Métodos Analíticos”. Editorial Herrera Hnos. Sucesores S.A. México.
- Betalleluz, F. 1989. “Obtención de etanol por bio-conversión de cáscara de baya de *Opuntia ficus-indica* (tuna) utilizando células inmovilizadas de *Pachysolen tannophilus*”. Tesis para optar el grado de Biólogo-Microbiólogo. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho.
- Cantwell, M. 1999. Manejo postcosecha de tunas y nopalitos. In: Barbera, G.; Inglese, P. y Pimienta, E. (Eds.). 3 *Agroecología, cultivo y usos del nopal*. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal, 132. Roma. 126-143 pp.
- Caplan, K. 1995. Merchandising, distribution and marketing nopalitos and cactus pears. In: *Proceedings of the First Annual Conference of the Professional Association for Cactus Development*. San Antonio, Texas. USA. 46-47 pp.
- Caballero, R., Habeck, D., & Andrews, K. (1994). Clave ilustrada para larvas de N octúidos de importancia económica de El Salvador, Honduras y Nicaragua. *CEIBA*, 35(2), 225-237.
- Castro Juan, Paredes César y Muñoz Dasio, 2009. Cultivo de la tuna (*Opuntia ficus-indica*) Trujillo - Perú. Gerencia regional La Libertad 1-35 pp.
- Chávez-Moreno, C., Tecante, A., & Casas, A. (2009). The *Opuntia* (Cactaceae) and *Dactylopius* (Hemiptera: Dactylopiidae) in Mexico: a historical perspective of use, interaction and distribution. *Biodiversity and Conservation*, 18(13), 3337.
- Coe, R. (1953). *Handbooks for the Identification of British Insects: Diptera, Syrphidae*. Royal Entomological Society, 98.
- Color Index, 1971. *Natural Organic Coloring matters*.

- Cordeiro-dos-Santos, D., & Gonzaga, S. (2003). El Nopal como forraje. Roma: FAO.
- Feugang, J., & et al. (2006). Nutritional and medicinal use of Cactus pear (*Opuntia* spp.) cladodes and fruits. *Frontiers in Bioscience*, 11, 2574-2589.
- Coronado Flores, Violeta. 2011. Efecto de la fertilización de nopal (*Opuntia ficus-indica*) sobre la productividad y calidad de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa). http://193.122.196.39:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/454/Coronado_Flores_V_MC_EDAR_2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Casas y Barbera, 2002. Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal. editorial Ruth Duffy. Universidad Autónoma de Querétaro Facultad de Ciencias Naturales. Querétaro, México. <https://www.fao.org/3/i7628es/I7628ES.pdf>.
- Cristóbal Aldama-Aguilera y Celina Llanderal-Cázares. 2003. Grana cochinilla: comparación de métodos de producción en penca cortada. Publicado como ENSAYO en *Agrociencia* 37: 11-19. 2003
- Cristóbal Aldama-Aguilera, Celina Llanderal-Cázares, Marcos Soto-Hernández y Luis E. Castillo-Márquez. 2005. Producción de grana-cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en plantas de nopal a la intemperie y en microtúneles.
- Cristóbal Aldama-Aguilera, Celina Llanderal-Cázares. 2003. Grana Cochinilla: comparación de métodos de producción en penca cortada. Grana cochinilla: comparación de métodos de producción en penca cortada. Especialidad en Entomología y Acarología. Instituto de Fitosanidad. Colegio de Postgraduados. 56230, Montecillo, Estado de México. (aldamac@colpos.mx)(lcelina@colpos.mx)
- Coya M. (2015). Tres colores de malla y tres periodos de sombreado en la producción de "cochinilla de carmín" (*dactylopius coccus costa*) en el cultivo de tuna (*opuntia ficus indica*) en zona subtropical árido. Arequipa: Tesis presentada a la Universidad Nacional de San Agustín.
- Chambi D. (2012). Tres niveles de infestación con tres densidades de mall "raschel" para sombreado en la producción de *Dactylopius coccus* C. en *Opuntia ficus indica* cv. "Morada". Arequipa: Tesis de ing. Agr. Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa.
- Diodato; Fuster, A. y de Galindez, M. J.. 2009. Induced infestations of cochineal *Dactylopius coccus* (Homoptera, Dactylopiidae), in Santiago del Estero, Argentina. Quebracho (Santiago del Estero) [online]. 2009, vol.17, n.1, pp.52-57. ISSN 1851-3026.

- Del Río e I. Dueñas, (2002), “La importancia de la grana del carmín o cochinilla fina en la Independencia Mexicana”. II Congreso Internacional de Grana Cochinilla y Colorantes Naturales, Memorias, Guadalajara, México, pág. 62.
- Deza, V. 1981. “Anteproyecto de planta para la obtención de un ayudante de floculación a partir de las pencas de tuna”. Tesis para optar el título de Ingeniero Químico. Universidad Nacional San Agustín. Arequipa.
- Espinoza franco (2017). Caracterización de las semillas de diferentes accesiones de tunas *Opuntia ficus indica* (L) Mill en relación a su ploidía y Apomixis Escuela de Posgrado Facultad de Ciencias Agronomicas Universidad de Chile.
- Escoto González, José (2014) Efecto de biofertilizantes y productos orgánicos en la producción de nopal verdura. Maestría thesis, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Escoto González, José 2014. Efecto de biofertilizantes y productos orgánicos en la producción de nopal verdura. <http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1080253676.PDF>
- Escarcena, M. 1990. “Obtención de floculantes a partir de la penca de tuna (*Opuntia ficus-indica*) con fines de clarificación de aguas naturales”. Tesis para optar el título de Ingeniero Químico. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho.
- Eisner, T., Nowicki, S., 1980. Red Cochineal Dye (Carminic Acid): Its Role in Nature. *Science* 208, 1039–42.
- Feng, H., Yamashita, M., Wu, L., Jose da Silva Lopes, T., Watanabe, T., Kawaoka, Y., 2019. Food Additives as Novel Influenza Vaccine Adjuvants. *Vaccines* 7, 127.
- FAO-OMS. 1993. World wide codex standard for nopal. Codex Stan 185-1993. Codex alimentarius. Volume five B. Tropical fresh fruits and vegetables. Food and Agriculture Organization of the United Nations. World Health Organization. Roma. 85-93p.
- Fidel Blanco Macías. 2010. Determinación de normas nutrimentales en nopal (*Opuntia ficus-indica* L.). Tesis que para obtener el título de doctor en Ciencias Agrícolas con orientación en Agua–Suelo. Universidad Autónoma de Nuevo León Facultad de Agronomía. <http://eprints.uanl.mx/2063/6/1080194457.pdf>.
- Flores-Flores, V., and A. Tekelenburg. 1995. Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear. Plant Production and Protection Paper 132. 242 p. FAO, Rome, Italy.
- Flores, C., de-Luna, E., & Ramírez, P. (1995). Mercado mundial de la tuna. Chapingo.
- Froeschner, R. (1960). Heteroptera or true bugs of Ecuador: a partial catalog. *Smithsonian Contributions to Zoology*, 1-147.

- Flores Barrera, Sofía. 2013. Fertilización y frecuencia de riego en la producción de nopal verdura (*Opuntia ficus indica* L) en túnel de plástico. Tesis MC, MT, MP y DC [136]. <http://hdl.handle.net/10521/2007>
- Flores Barrera, Sofía. 2013. Fertilización y frecuencia de riego en la producción de nopal verdura (*Opuntia ficus indica* L) en túnel de plástico. Flores_Barrera_S_MC_Fructicultura_2013.pdf (1.760Mb)
- Flores, A. 1992. Producción de vino y aguardiente de tuna, alternativa en el aprovechamiento del nopal. *Ciencia y Desarrollo*. 17:56-68.
- Flores, V. C. A. 1999. Producción, industrialización y comercialización de nopales. In: Barbera, G., Inglese, P y Pimienta-Barrios, E. (eds.). *Agroecología, cultivo y usos del nopal*. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal, 132. Roma. 97-105.
- Flores, V. C. 2003. Importancia del nopal. In: Flores Valdéz, C. A. (Ed.). *nopales y tunas, producción, comercialización, poscosecha e industrialización*. 1ra Ed. Universidad Autónoma Chapingo, CIESTAAM. México. 1-18 pp.
- Guillermo Niven Martínez. 2022. Evaluación de diferentes abonos orgánicos en la producción de nopal verdura. Tesis que para obtener el grado de maestro en ciencias en producción agrícola. Universidad Autónoma de Nuevo León Facultad de Agronomía. <http://eprints.uanl.mx/23664/1/1080328401.pdf>
- González-Cruz, L., S. Filardo-Kerstupp, L. A. Bello-Pérez, N. Güemes-Vera, and A. Bernardino-Nicanor 2012. Carotenoid content, antioxidant activity and sensory evaluation of lowcalorie nopal (*Opuntia ficus-indica*) marmalade. *J. Food Process. Preserv.* 36: 267-275.
- Gil P., Z.N. Benavides M., P. Villegas G., C. 2015. Manejo integrado de las cochinillas de las raíces del café.
- Granados, S. Diodoro. 1991. Castañeda P. Ana: “El nopal (historia, fisiología, genética e importancia frutícola)” Primera Edición. Editorial Trillas S.A. México.
- Grismado, C., Ramírez, M., & Izquierdo, M. (2000). Araneae: Taxonomía, diversidad y clave de identificación de familias. *Biodiversidad de Artrópodos Argentinos*, 3, 56-96.
- González, M., J. Méndez, A. Carnero, M.G. Lobo, and A. Alfonso. 2002. Optimizing conditions for the extraction of pigments in cochineals (*Dactylopius coccus* Costa) using response surface methodology. *J. Agric. Food Chem.* 50:6968-6974.
- Gibaja, Oviedo, J. 1998. Pigmentos Quinónicos. Fondo Editorial, Perú.

- Hamon, A. B., & Kosztarab, M. L. (1979). Morphology and systematic of the first instar of the genus *Cerococcus* (Homoptera: Coccoidea: Cerococcidae). Virginia State University Research Division Bulletin, 146, 1–122.
- Hamon, A., & Williams, L. (1984). The Soft Scale Insects of Florida (Homoptera:Coccoidea: Coccidae). Florida Department of Agriculture & Consumer Services, 194.
- Hernández, U. M. I.; Pérez, T. E. and Rodríguez, G. M. E. 2011. Chemical analysis of nutritional content of prickly pears (*Opuntia ficus indica*) at various stages in an organic harvest. Int. J. Environ. Res. Public Health. 8(5):1287-95.
- INEC. 2000. III Censo nacional agropecuario. resultados nacionales -incluye resúmenes provinciales- https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/CNA/Tomo_CNA.pdf
- IICCA. Desafíos sin precedentes a seguridad alimentaria global deben ser enfrentados con acción conjunta, dijeron expertos en jornada inaugural de Diálogo Internacional Borlaug. <https://www.iica.int/es/countries/ecuador>
- IGM. (2013). Geoportal del Instituto Geográfico Nacional. Retrieved from Atlas Geográfico Nacional: <https://goo.gl/qyleN5>
- INIFAP. (2000). Principales cultivos mexicanos de nopal tunero. Mexico:
- INIFAP. Jiménez-Hernández, Y., & et al. (2007). Hongos asociados al engrosamiento de cladodios de nopal. XII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. 14 al 17 de agosto de 2007 (p. 50). Zacatecas: Instituto Nacional De Investigaciones Forestales y Agropecuarias.
- INIFAP, 2011. Producción Invernal de Nopal de verdura. Gobierno federal SAGARPA – México. <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/879.pdf>
- Itzel Antonia Domínguez-García, María del Rosario Granados-Sánchez, Leticia Myriam Sagarnaga-Villegas, José María Salas-González y Jorge Aguilar-Ávila; 2017. Viabilidad económica y financiera de nopal tuna (*Opuntia ficus-indica*) en Nopaltepec, Estado de México. Rev. Mex. Cienc. Agríc vol.8 no.6 Texcoco ago./sep. 2017
- Inglese, P., G. Barbera, and T. La Mantia. 1999. Seasonal reproductive and vegetative growth patterns and resource allocation during cactus pear fruit growth. HortScience 34:69-72.
- Inglese, P., G. Barbera, and T. La Mantia. 1999. Seasonal reproductive and vegetative growth patterns and resource allocation during cactus pear fruit growth. HortScience 34:69-72.

- Juan Antonio Reyes-Agüero, Juan Rogelio Aguirre Rivera y José Luis Flores Flores. Variación morfológica de opuntia (cactaceae) en relación con su domesticación en la altiplanicie meridional de México. INCI v.30 n.8 Caracas ago. 2005. http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0378-18442005000800008&script=sci_arttext
- Jamison, J.M., Flowers, D.G., Jamison, E., Kitareewan, S., Krabill, K., Rosenthal, K.S., Tsai, C., 1988. Enhancement of the antiviral and interferon-inducing activities of poly r(A-U) by carminic acid. Life Sci. 42, 1477–1483.
- Zegbe, J. A., & Mena–Covarrubias J., 2007. Retraso de la cosecha en nopal tunero cv. Cristalina. Rev. Chapingo Ser.Hortic vol.14 no.1 Chapingo ene./abr. 2008.
- José Romualdo Martínez López, Rigoberto E. Vázquez Alvarado, Erasmo Gutiérrez Ornelas, Emilio Olivares Sáenz, Juan Antonio Vidales Contreras, Ricardo David Valdez Cepeda, María de los Ángeles Peña y Rubén López Cervantes. 2009. Calidad nutricional y rendimiento de nopal forrajero abonados orgánicamente. XXX Ciclo de Seminarios de Posgrado e Investigación. División de Estudios de Posgrado e Investigación.
- Jorge A. Zegbe, Blanca Isabel Sánchez-Toledano, Alfonso Serna-Pérez y Jaime Mena-Covarrubias. 2014. Análisis económico de la aplicación de fertilizantes minerales en el rendimiento del nopal tunero. Rev. Mex. Cienc. Agríc. Vol.5 Núm.3 01 de abril - 15 de mayo, 2014
- Juan Pablo Arce Ramírez, Tarsicio Medina Saavedra y Rojas Rogelio. 2017. Manejo orgánico en la producción de nopal requerido para cultivo de grana cochinilla. Vol. 2 Núm. 1 (2016). Ciencias Agropecuarias. Publicado 2017-01-11. <http://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/1299>
- Kiesling, R. 2013. Historia de la Opuntia ficus-indica. Cactusnet Newsletter, 13 [special issue]: 13–18.
- Kiesling, R. 1999b. Nuevos sinónimos en Opuntia ficus-indica (Cactaceae). Hickenia, 2(66): 309–314.
- Krabill, K., Jamison, J.M., Gilloteaux, J., Summers, J.L., 1993. Subcellular localization and antiviral activity of carminic acid/poly r(A-U) combinations. Cell Biol. Int. 17, 919–934
- Lown, J.W., Chen, H.-H., Sim, S.-K., Plambeck, J.A., 1979. Reactions of the antitumor agent carminic acid and derivatives with DNA. Bioorganic Chem. 8, 17–24. [https://doi.org/10.1016/0045-2068\(79\)90032-4](https://doi.org/10.1016/0045-2068(79)90032-4)

- Lamoureux, G., Agüero, C., 2009. A comparison of several modern alkylating agents. *Arkivoc* 2009, 251–264. <https://doi.org/10.3998/ark.5550190.0010.108> La
- Low, J. W., Chen, H. H., Sim, S. K. Plambeck. J. A. 1979.
- Loaysa, Daysi. (2007). Estudio bromatológico del cladodio del nopal (*Opuntia ficus-indica*) para el consumo humano. *Rev Soc Quím Perú*. 2007, 73, N° 1 (41-45).
- Luis Alberto Arriola Díaz Viruell. 2004. La producción de grana cochinilla en Oaxaca a principios del siglo XIX. Colegio de México, Centro de Estudios Históricos. <https://bagn.archivos.gob.mx/index.php/legajos/article/view/892>
- Luis C Rodríguez. Luis Espinoza. 2005. Factores Bióticos y Concentración de Ácido Carmínico en la Cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) (Homoptera: Dactylopiidae). *Agricultura Técnica (Santiago)* 65(3). DOI:10.4067/S0365-28072005000300011
- Luque Aruquipa, Boris Clever y Ramos Morales, Ana Verónica 2018. La producción de cochinilla en el municipio de Sahapaqui para su desarrollo rural y sustentable. Universidad Mayor de San Andrés. Ciudad de La Paz - Estado Plurinacional de Bolivia. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/16970>
- Larone, D. (1987). *Medically important fungi: a guide to identification* (6a ed. ed.). Elsevier.
- Lozano, P. (2002). Los tipos de bosque en el sur de Ecuador. *Botánica Austroecuatoriana: Estudios sobre los recursos vegetales en las provincias de El Oro, Loja y Zamora.*, 29-49.
- McMurry, J., 2012. *Química Orgánica*, 8va ed.
- Ma. del Rocío Santiago-Lorenzo, Alfredo López-Jiménez, Crescenciano Saucedo-Veloz, José I. Cortés-Flores, David Jaén-Contreras, Javier Suárez-Espinosa, 2016. Composición nutrimental del nopal verdura producido con fertilización mineral y orgánica. *Rev. fitotec. mex* vol.39 no.4 Chapingo oct./dic. 2016. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802016000400403
- Marcos Ramírez-Ramos, Ma. del Rosario García-Mateos, Joel Corrales-García, Carmen Ybarra-Moncada y Ana Ma. Castillo-González. 2015. Compuestos antioxidantes en variedades pigmentadas de tuna (*Opuntia* sp). *Rev. fitotec. Mex* vol.38 No 4. Chapingo oct./dic./2015.
- Manrique, D. Olga. 1996. Efecto del mucílago hidrofílico de la pala de la tuna (*Opuntia ficus-indica*) sobre evacuación intestinal en vacunos. Tesis para optar el título de Médico- Veterinario. Universidad Católica Santa María. Arequipa.

- Madjdoub, H.; Roudesli, S.; Picton, L.; Le C. D.; Muller, G. and Grisel, M. 2001. Prickly pear nopal spectin from *Opuntia ficus-indica*. Physico- chemical study in dilute and semidilute solutions. *Carbohydrate Polymers*. 46:69-79.
- Martínez, A. 2012. Efecto de la aplicación de recubrimientos de nano emulsión-mucílago de nopal sobre la actividad enzimática de manzana fresca cortada. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México. 24-28
- Mihail and Craciun, 1970. Effect of cochennille on Jensen tumors. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5481366/>
- Matsuhiro, B.; Lillo, L.; Saenz, C.; Urzu, Carlos and Zarate, O. 2005. Chemical characterization of the mucilage from fruits of *Opuntia ficus indica*. *Carbohydrate Polymers*. 63:263-267 p.
- McGarvie, D. and Parolis, H. 1981. The acid-labile peripheral chains of the mucilage of *Opuntia ficus indica*. *Carbohydrate Res*. 94:57-65.
- Maki-Díaz, Griselda; Peña-Valdivia, Cecilia B.; García-Nava, Rodolfo; Arévalo-Galarza, M. Lourde.; Calderón-Zavala, Guillermo; Anaya-Rosales, Socorro. 2015. Características físicas y químicas de nopal verdura (*Opuntia ficus-indica*) PARA exportación y consumo nacional. *Agrociencia*, vol. 49, núm. 1, enero-febrero, 2015, pp. 31-51 Colegio de Postgraduados Texcoco, México. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30236850003.pdf>
- Medina, T. L.; Brito, De la F. E.; Torrestiana, S. B. and Alonso, S. 2003. Mechanical properties of gels formed by mixtures of mucilage gum (*Opuntia ficus-indica*) and carrageenans. *Carbohydr. Polym*. 52:143-150.
- Muñoz, C. 2016. Caracterización reológica de mucílago de *Opuntia ficus-indica* en flujo cortante. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional (IPN). México. 9-16
- Nerd, A.; Dumotier, M. and Mizrahi, Y. 1997. Properties and post harvest behaviour of the vegetable cactus nopal *eacochenillifera*. *Postharv. Biol. Technol*. 10:135-143.
- N. Calderón-Paniagua; A. A. Estrada-Luna y J. de J. Martínez-Hernández. 2001. Efecto de la salinidad en el crecimiento y absorción nutrimental de plantas micropropagadas de nopal (*Opuntia spp*). *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 7(2): 127-132, 2001.
- Orúe Gomez, Rene Javier and Rojas Serrano, Enrique Jose (2008) *Efecto de enmiendas nutricionales sobre el rendimiento del nopal (Opuntia ficus indica L.) en Diriamba, Carazo, 2007*. Ingeniería thesis, Universidad Nacional Agraria, UNA. <https://repositorio.una.edu.ni/2072/>

- Ontivero, M., Martínez, J., González, V., & Echavarría, P. (2008). Propuesta metodológica de zonificación ambiental en la Sierra de Altomira mediante Sistemas de Información Geográfica. *GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 8, 251-280.
- Olivares Sonia, Andrade Margarita. 1980. "Recomendaciones Nutricionales y Adecuación de la Dieta".
- Orona, C. I.; Cueto, W. J. A.; Murillo, A. B.; Santamaría, C. J.; Flores, H. A.; Valdez, C. R.; García, H. J. L. y Troyo, D. E. 2004. Extracción nutrimental de nopal verdura bajo condiciones de riego por goteo. *J. Profess. Assoc. Cactus Develop.* 6:90-10.
- Paulsen, B. S.; and Lund, S. P. 1979. Water soluble polysaccharides of *Opuntia ficus indica*. *Phytochemistry*.18:569-571.
- Pimienta, E. 1997. El nopal en México y el mundo. In: *cactáceas, succulentas mexicanas*. CVS Publicaciones, México.87-95.
- PRA. 2002. El mercado de la cochinilla. 28 p. Proyecto Programa Regional Ayacucho (PRA). Centro de Servicios Económicos Ayacucho, Ayacucho, Perú.
- Paulina Vázquez Mendoza, Toni Carvalho de Sousab, Mercia Virginia Ferreira Dos Santosb, Oscar Vicente Vázquez Mendozac, José Carlos Batista Dubeux Juniord, Mario de Andrade Lira, 2019. Morfología de nopal forrajero cv Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) en sistemas de cultivo del agreste de Pernambuco, Brasil. *Rev. mex. de cienc. pecuarias* vol.10 no.3 Mérida jul./sep.
- Pimentel-Alvarado, O. y Delgadillo-Aldrete, S. 2015. Agenda técnica agrícola de Morelos. Segunda edición. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. [Consultado en febrero del 2021] Disponible en: https://issuu.com/senasica/docs/17_morelos_2015_sin
- Ramayo, R. L.; Saucedo, V. C. y Lakshminarayana, S. 1978. Prolongación de la vida de almacenamiento del nopal hortaliza (*Opuntia inermis* Coulter) por refrigeración. *Chapingo, Nueva Época* 10, México. 30-32 pp.
- Rivera, J. 2015. Caracterización reológica de mucílago de *Opuntia ficus-indica* en flujo cortante. Tesis de Doctorado. Instituto Politécnico Nacional (IPN). México. 9-16.
- Rodríguez, F. A. and Cantwell, M. 1988. Developmental changes in composition and quality of prickly pear cactus cladodes (nopalitos). *Plant Foods for Human Nutrition*. 38:83-93.
- Rodríguez, F. A. 2002. Post harvest physiology and technology of cactus pear fruits and cactus leaves. *Acta Hort.* 581:191-199.

- Rodríguez, F. A. and Villegas, O. M. 1997. Quality of cactus stems (*Opuntia ficus-indica*) during low temperature storage. *J. Profess. Assoc. Cactus Develop.* 2:142-151.
- Reyes-Agüero et al, 2006. Reproductive biology of *Opuntia*. A review *Journal of Arid Environment*. 36 p.
- Ramón Jarquín-Gálvez, Herman Cristóbal Cortes-Berrios, José Pablo Lara-Ávila, María Fernanda Quintero Castellanos. 2019. Abonos orgánicos para el cultivo de nopal verdura en condiciones semidesérticas de San Luis Potosí. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. Universidad Autónoma Chapingo Sociedad Mexicana de Agricultura Sostenible A.C. Colegio de Postgraduados.
- Ramírez Delgado, A. M. G., & Arroyo Figueroa, G. (2017). Producción y control de calidad de la grana cochinilla. *jóvenes en la ciencia*, 3(2), 2005–2009. Recuperado a partir de <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/1787>
- Rodríguez-Leyva, E., J. R. Lomeli-Flores, y J. M. Vanegas-Rico. 2010. Enemigos naturales de la grana cochinilla del nopal *Dactylopius coccus* Costa (Hemiptera: Dactylopiidae). pp. 101-112. En: Portillo, L. y A. L. (eds.) *Conocimiento y Aprovechamiento de la Grana Cochinilla*. Universidad de Guadalajara, México.
- Rodríguez F. J. M. y Murillo S. M. E. 2001. El Nopal (*Opuntia* spp) en la alimentación del ganado lechero. Curso-Taller: El Nopal Forrajero, Una Alternativa Alimentaria para el Ganado. Asociación Agrícola Local de Productores de Nopal de Nuevo León A.C. Guadalupe, N.L.
- Rodríguez M., Carlos Eduardo; Armézquita S., César Eduardo. 2007. Caracterización nutricional del cactus nopal (*Opuntia ficus-indica*) bajo diferentes tratamientos de fertilización. *Ciencia y Agricultura*, vol. 5, núm. 2, noviembre, 2007, pp. 85-91 Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia Tunja, Colombia. <https://www.redalyc.org/pdf/5600/560058651008.pdf>
- Razeto, B. 1999. Para entender la fruticultura. 373 p. 3ª. ed. Editorial Vértigo, Santiago, Chile.
- Rafael Zúñiga-Tarango, Ignacio Orona-Castillo, Cirilo Vázquez-Vázquez, Bernardo Murillo Amador, Enrique Salazar-Sosa, José Dimas López-Martínez, José Luis García-Hernández, Edgar Rueda-Puente. 2009. Desarrollo radical, rendimiento y concentración mineral en nopal *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. en diferentes tratamientos de fertilización. Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Agricultura y Zootecnia Apdo. Postal 1-142, Gómez Palacio, Durango. C.P. 35000. México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Mar

- Bermejo No. 195. Col. Playa Palo de Santa Rita. C.P. 23090 La Paz, Baja California Sur, México.
- Rao, P.S., Reddy, P.P., Seshadri, T.R., 1940. Methylation of hydroxy flavonols using methyl iodide and potassium carbonate. *Proc. Indian Acad. Sci. - Sect. A* 12, 495. <https://doi.org/10.1007/BF03170712>
- Reveles, M., & et-al. (2010). El manejo del nopal forrajero en la producción del ganado bovino. VIII Simposium-Taller Nacional y 1er Internacional" Producción y Aprovechamiento del Nopal, 5, 130-144.
- Ricardo David Valdez Cepeda, Fidel Blanco Macías, Bernardo Murillo Amador, José Luis García Hernández, Raúl René Ruiz Garduño, Miguel Márquez Madrid, José Dimas López Martínez, Juan Carlos Ledesma Mares, Francisco Javier Macías Rodríguez Localización: Agrofaz: Fertilización y nutrición en tres variedades de nopal (*Opuntia ficus-indica*); publicación semestral de investigación científica, ISSN 1665-8892, Vol. 3, N°. 2, 2003, págs. 347-352
- Rollenbeck, R., & Bendix, J. (2006). Precipitation dynamics and chemical properties in tropical mountain forests of Ecuador. *Advances in Geosciences*, 6, 73-76.
- Rodríguez, L.C., and H.M. Niemeyer. 2001. Cochineal production: a reviving Precolumbian industry. *Athena Review* 2:76-78.
- Rodríguez, L.C., M.A. Méndez, and H.M. Niemeyer. 2001. Direction of dispersion of cochineal (*Dactylopius coccus* Costa) within the Americas. *Antiquity* 75:73-77.
- Romaní, P. Máximo. 1990. "Evaluación de la producción de frutos y cladodios de estación por cladodios de 24 meses en tunales (*Opuntia ficus-indica*) en secano y en condiciones de Atoqpampa a 2725 m.s.n.m." Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho.
- Santiago Lorenzo, María del Rocío. 2015. Calidad postcosecha de nopal verdura con diferente fuente de fertilización y tiempo de refrigeración. Tesis MC, MT, MP y DC [136]. <http://hdl.handle.net/10521/2864>
- Sandoval-Trujillo, Sendy Janet; Ramírez-Cortés, Verónica y Hernández-Bonilla, Blanca Estela. 2019. Alternativas de producción del nopal en el Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 14(2):211-222.
- Sergio Roberto Márquez–Berber; Cristina Torcuato–Calderón; Gustavo Almaguer–Vargas; María Teresa Colinas–León y Abdul Khalil Gardezi. 2012. El sistema productivo del nopal tunero (*Opuntia albicarpa* y *O. megacantha*) en Axapusco, Estado de México. Problemática y alternativas.

- Silvia Galicia-Villanueva, Pablo Emilio Escamilla-García, Horacio Alvarado-Raya, Laura Victoria Aquino-González, Hugo Serna-Álvarez, Leslie Monserrat Hernández-Cruz. 2017. Plantación experimental de nopal para evaluación de sistemas de fertilización y extracción de mucílago. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, vol. 8, núm. 5, 2017
- Samaniego, N., & et-al. (2015). Clima de la Región Sur el Ecuador: historia y tendencias. In N. Aguirre, & et-al, *Vulnerabilidad al cambio climático en la Región Sur del Ecuador: Potenciales impactos en los ecosistemas, producción de biomasa y producción hídrica*.
- Sergio Roberto Márquez–Berber; Cristina Torcuato–Calderón; Gustavo Almaguer–Vargas; María Teresa Colinas–León; Abdul Khalil Gardezi. 2012. El sistema productivo del nopal tunero (*Opuntia albicarpa* y *O. megacantha*) en Axapusco, Estado de México. *Problemática y alternativas*. *Rev. Chapingo*. Ser. Hort vol.18 no 1 Chapingo ene./abr. 2012. *versión On-line* ISSN 2007-4034 *versión impresa* ISSN 1027-152X
- Silvia Galicia-Villanueva, Pablo Emilio Escamilla-García, Horacio Alvarado-Raya, Laura Victoria Aquino-González, Hugo Serna-Álvarez, Leslie Monserrat Hernández-Cruz, Plantación experimental de nopal para evaluación de sistemas de fertilización y extracción de mucílago. *Rev. Mex. Cienc. Agríc* vol.8 no.5 Texcoco jun./ago. 2017.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v8i5.110>
- Sudzuki, F.; Muñoz, C. y Berger, H. 1993. El cultivo de la tuna (Cactus pear). Departamento de Reproducción Agrícola. Universidad de Chile. 40-42
- Sudzuki et al, 1993. El cultivo de tuna (Cactus pear). Universidad de Chile. Edit. Primera primera Edición – Ed. Santiago 88p.
- Sáenz, C. 2006. Utilización agroindustrial del nopal. *Boletín de servicios agrícolas de la FAO* 162. Publicado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 7-35 pp.
- SAGARPA. (Secretaría de Agricultura Ganadería, Pesca y Alimentación) 2016. Cierre de la producción agrícola por cultivo. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>.
- Schmitt, P., Günther, H., Hägele, G., Stilke, R., 1984. A1H and13C NMR study of carminic acid. *Org. Magn. Reson.* 22, 446–449.
<https://doi.org/10.1002/mrc.1270220710>
- Solomons, G., Fryhle, C.B., 2011. *Organic Chemistry*, 10th ed. John Wiley & Sons, Inc. Sonda H-ESI. Guía del usuario, 2008.

- Tavera, C. M. E.; Escamilla, G. P. E.; Alvarado, R. H.; Salinas, C. E. and Galicia, V. S. 2014. Regional development model based on organic production of nopal. *Modern Econ.* 5:239-249.
- Tatsuzaki, J., Ohwada, T., Otani, Y., Inagi, R., Ishikawa, T., 2018. A simple and effective preparation of quercetin pentamethyl ether from quercetin. *Beilstein J. Org. Chem.* 14, 3112–3121. <https://doi.org/10.3762/bjoc.14.291>
- Trachtenberg, S. and Mayer, A. M. 1981. Composition and properties of *Opuntia ficus indica*. *Phytochemistry.* 20:2665-2668.
- Tayupanta J., J.R. (1986). Guía sobre los cultivos de trigo, cebada y avena. En *Curso de Conservación y Manejo de Suelos y Aguas: Capacitación Técnica* (pp. 1-12). Quito, Ecuador: INIAP. (Boletín Divulgación y Enseñanza no. 1).
- Tobías, H. Jorge. 1990. Medida de la erosión y escorrentía con diferentes prácticas de conservación de suelo en el cultivo de tuna (*Opuntia* sp) en comunidad de Chante (cuenca del río Seco-subcuenca del río Rímac). Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Vargas, A., A., F., & Basaldua, J. (2008). Dinámica poblacional de las principales plagas del nopal *Opuntia* sp. en la zona semi árida de Quétaro. *Revista Chapingo Serie Zonas Aridas*, 7, 21-27.
- Vázquez Mendoza, Paulina; 2016. Aprovechamiento de nopal y tuna en la alimentación de ovinos. <https://repositorio.chapingo.edu.mx/items/f099dd7e-025f-4b29-ba6e-d4fa9edc5974>
- Vázquez, A. E. R., Salinas, G. G. y Valdés, C. R. 2005. Colecta y conservación EX SITU para el aprovechamiento del nopal. En: *Memorias del Simposium-Taller “Producción y aprovechamiento del nopal en el noreste de México”*. Marín, N. L. México.
- Violeta Coronado-Flores, Mario Alberto Tornero-Campante, Ramón Núñez-Tovar, José Luis Jaramillo-Villanueva y Santiago de Jesús Méndez-Gallegos. 2015. Productividad de cochinilla *Dactylopius coccus* (Hemiptera: Dactylopiidae) en cladodios de *Opuntia ficus-indica* (Cactacea) con diferentes tratamientos de fertilización. *versión On-line* ISSN 2448-8445 *versión impresa* ISSN 0065-1737.
- Villegas y de Gante, M. 1997. “Los Nopales (*Opuntia* spp.) recursos y símbolos tradicionales en México”. In: *Memorias. VII Congreso Nacional y V Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal*. Universidad Autónoma de Nueva León, Monterrey, México. p 271-273.

Wade, L.G., Simek, J.W., 2016. ORGANIC CHEMISTRY, 9th ed. Pearson.

Yamileth Varela-Gómez, Ana Karen Caldera-Arellano, Jorge A. Zegbe, Alfonso Serna-Pérez y Jaime Mena-Covarrubias. 2014. El riego en nopal influye en el almacenamiento y acondicionamiento de la tuna. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.5 Núm.8 12 de noviembre - 31 de diciembre, 2014 p. 1377-1390

Zúñiga Tarango, Rafael; Ramírez Ramírez, Manlio E.; Vázquez Alvarado, Rigoberto. 2004. Rendimiento y concentración nutrimental de Nopal opuntia ficus-indica (L.) Mill con aplicaciones de estiércol y fertilizante químico. BTEL-CFB-CD-029. Revistas de Recursos Naturales de Chile. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/29082>

Zegbe, Jorge A.; Sanchez-Toledano, Blanca Isabel; Serna-Perez, Alfonso & Mena-Covarrubias, Jaime. Análisis económico de la aplicación de fertilizantes minerales en el rendimiento del nopal tunero. Rev. Mex. Cienc. Agríc [online]. 2014, vol.5, n.3, pp.449-461. ISSN 2007-0934.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Antera: en botánica, la antera generalmente es de color amarillo, es la parte fértil que se subdivide en dos tecas (con dos sacos polínicos) y sin filamento, decimos que la antera es séstil.

Arar: Remover la tierra haciendo en ella surcos con el arado.

Arcilla: la arcilla es una roca sedimentaria compuesta por agregados de silicatos de aluminio hidratados, los mismos que son procedentes de la descomposición de las rocas que poseen feldespato como el granito, estas arcillas presentan varias coloraciones debido a la presencia de impurezas y va desde el rojo anaranjado hasta el blanco.

Arena: a la arena se le conoce como al conjunto de fragmentos de rocas, minerales o exoesqueletos de animales marinos sueltas de tamaño pequeño. En las ciencias geológicas se le denomina al material compuesto de partículas de tamaño variable que va desde 0,063 y 2 mm. Una de arena se conoce como grano o clasto de arena.

Atmósfera: Capa de aire que rodea la Tierra.

Bacteria: Microorganismo unicelular procarionte, cuyas diversas especies causan las fermentaciones, enfermedades o putrefacción en los seres vivos o en las materias orgánicas.

Bacteria acética: Microorganismo responsable del aumento del ácido acético en el vino.

Bacteria esporulante: Microorganismo que forma esporas.

Batericida: Que destruye las bacterias.

Bacteriófago: Virus que infecta las bacterias. (Diccionario de la lengua española)

Biomasa: Materia total de los seres que viven en un lugar determinado, expresada en peso por unidad de área o de volumen.

Biodegradación: Descomposición natural y no contaminante de una sustancia o producto producida por agentes biológicos.

Biotipo: Animal o planta que, por la perfección de sus caracteres, puede ser considerado como tipo representativo de su especie, variedad o raza.

Yema: Nuevos tallos, yemas u hojas de una planta.

Botánica: La Botánica, entendida como el campo de la Biología que estudia los vegetales, es una disciplina que combina los conocimientos adquiridos durante su larga tradición con avances que se producen a diario, consiguiendo ser una ciencia de plena vigencia, socialmente necesaria y con múltiples campos de actuación

Cactus: el cactus es una especie vegetal conocida como cactus o cactos pertenece a la familia de las plantas originarias de América.

Cáliz: Cubierta externa de las flores completas, constituye el primer verticilo floral.

Cámara climatizada: Equipo que simula la temperatura y la humedad relativa controlada en diferentes rangos de operación, y que se usa principalmente para realizar pruebas en materias primas, textiles, medicamentos, etc.

Campo: del latín campus («llanura», “espacio de batalla”), la palabra campo se refiere a un terreno de grandes dimensiones que se encuentra alejado de una ciudad o de un pueblo o a la tierra que puede labrarse. El concepto también se utiliza en referencia a un cultivo o sembradío.

Canícula: La canícula o periodo canicular se da tras el solsticio de verano y da lugar al período más caluroso del año.

Caña: la caña o culmo es el tallo de las plantas de la familia de las gramíneas (Poaceae), de morfología generalmente cilíndrica, con entrenudos huecos y nudos macizos.

Cañada: La cañada o caña de vaca o médula o tuétano; sustancia interior de los huesos. Una cañada o vía pecuaria; camino destinado al tránsito de ganado trashumante.

Cepa: Parte del tronco de cualquier árbol o planta, que está dentro de tierra y unida a las raíces.

Ciencia agronómica: Conjunto de conocimientos aplicables al cultivo de la tierra, derivados de las ciencias exactas, físicas y económicas.

Ciencia agrícola: Conjunto de conocimientos aplicables al cultivo de la tierra, derivados de las ciencias exactas, físicas y económicas.

Cladodio: en botánica se conoce a la rama (macroblasto) aplastada que cumple la función de la hoja, las hojas son muy pequeñas o rudimentarias para poder cumplir sus funciones.

Clima: Conjunto de condiciones atmosféricas propias de una región.

Clorofila: Pigmento propio de las plantas verdes y ciertas bacterias que participa en el proceso de la fotosíntesis.

Clorosis: Amarilleo de las partes verdes de una planta debido a la falta de actividad de sus cloroplastos.

Cochinilla: la cochinilla es un insecto hemíptero, considerado parásito de la tuna o nopal, pertenece a la familia Dactylopiidae, se comporta como huésped de las plantas de los géneros Opuntia y Cereus.

Compost: Fertilizante compuesto de residuos orgánicos.

Compostera: Sitio donde se realiza la labor de compostaje.

Corola: Verticilo interior de las flores completas, que protege a los órganos encargados de la reproducción.

Corona: En un vino espumoso o cava, la forma que crean las burbujas en la copa.

Corteza: Parte exterior y dura de ciertos frutos y algunos alimentos.

Cosecha: Conjunto de frutos, generalmente de un cultivo, que se recogen de la tierra al llegar a la sazón; como de trigo, cebada, uva, aceituna, etc.

Cosmopolita: Término usado en entomología agrícola, para referirse a insectos, que se encuentran distribuidos en todo el mundo y que se alimentan de otros insectos (depredador) que son considerados beneficiosos.

Crucíferas: Se dice de las plantas angiospermas dicotiledóneas que tienen hojas alternas, cuatro sépalos en dos filas, corola cruciforme, estambres de glándulas verdosas en su base y semillas sin albumen.

Cucurbitácea: Se dice de las plantas angiospermas dicotiledóneas de tallo sarmentoso, por lo común con pelo áspero, hojas sencillas y alternas, flores regularmente unisexuales de cinco sépalos y cinco estambres, fruto carnoso y semilla sin albumen.

Cultivo: En microbiología, el cultivo no es más que un método que sirve para la multiplicación de microorganismos, tales como las bacterias en el que se prepara un medio óptimo para Y en agronomía, el cultivo viene de la acción de labrar la tierra para dar en medio adecuado para que crezcan especies vegetales. Este término se utiliza para describir los procesos ...

Cultivo de nopal: es la propagación a partir de las pencas y/o cladodio del nopal como una forma rápida de reproducción.

Deformación: Pérdida de la forma regular o natural.

Degradación: Reducir o desgastar las cualidades inherentes a alguien o algo.

Dehiscencia: Propiedad de algunos frutos cerrados o anteras de las flores de abrirse para esparcir el polen o las semillas.

Demanda biológica de oxígeno: Parámetro que mide la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos en una muestra líquida. Se utiliza para medir la cantidad de contaminación orgánica en aguas residuales.

Densidad: Magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo. Su unidad en el Sistema Internacional es el kilogramo por metro cúbico (kg/m³)

Densitometría: Técnica por la que se puede determinar la densidad de una sustancia o de un cuerpo.

Edáfico: Perteneciente o relativo al suelo, especialmente en lo que respecta a las plantas.

Edafología: Ciencia que estudia la composición y la naturaleza del suelo en relación con las plantas y el entorno que lo rodea.

Energía física: a la energía física se le considera a la capacidad que tienen los cuerpos para realizar un trabajo y producir cambios por si solos o en otros cuerpos. Es decir, a la energía física se define como la capacidad de hacer funcionar las cosas.

Energía Química: a la energía química se le considera a la forma que se almacena en forma de compuesto químico portador de energía que puede liberarse produciendo reacciones.

Envés: Parte inferior del limbo de la hoja.

Epicarpio: Capa más externa del fruto. Forma la piel del fruto y se originan a partir de la epidermis externa del ovario.

Estambre: el estambre es órgano de reproducción masculino de algunas flores que forman la antera considerada como filamento que la sostiene el polen.

Espermatofitos: el término espermatofita corresponde a las plantas fanerógamas (Spermatophyta) que corresponde al grupo monofilético del reino de las plantas (Plantae) que comprende a todos los linajes de las plantas vasculares que producen semillas.

Espora: Elemento reproductor de los hongos y los helechos.

Estiércol: Abono compuesto de naturaleza órgano-mineral, con un bajo contenido en elementos minerales.

Estilo: Parte superior del ovario de las flores, prolongada en forma de estilete, que acaba en uno o varios estigmas.

Estigma: Parte superior del pistilo de las flores, destinada a recibir y retener los granos de polen.

Eutrofización: Incremento de sustancias nutritivas en aguas dulces de lagos y embalses, que provoca un exceso de fitoplancton.

Evapotranspiración: La evapotranspiración (ET) es la suma de la evaporación directa desde la superficie del suelo (Es), la transpiración (Ep) y la evaporación desde la superficie de las plantas (Eps).

Fértil: en botánica, el término fértil es la capacidad que tiene una planta para producir frutos

Fertilización: la fertilización es la acción de aportar los nutrientes a una planta con la finalidad llenar los requerimientos para que sea plenamente productiva en cantidad y calidad.

Fertilizante: Sustancia orgánica o inorgánica que mejora la calidad del sustrato a nivel nutricional para las plantas arraigadas en éste.

Filamento: en botánica, el filamento es un pedúnculo delgado que sostiene a la antera. **Flores:** las flores es parte de las plantas fanerógamas, donde se localizan los órganos reproductores que están dispuestos en cuatro verticilos (cáliz, corola, androceo y gineceo); estas pueden ser de diferentes formas y colores, estas pueden ser unisexuales o hermafroditas, solitarias o agrupadas más conocidas como inflorescencias.

Fibra: Cada uno de los filamentos que entran en la composición de los tejidos orgánicos vegetales o animales.

Filtración: Dicho de un líquido: Acción de penetrar a través de un cuerpo sólido.

Filtrado: Líquido que ha pasado a través de un filtro.

Fitopatógeno: Organismo que causa alteraciones en las plantas.

Fitorreguladores: Producto regulador del crecimiento de las plantas; normalmente se trata de hormonas vegetales (fitohormonas), y sus principales funciones son estimular o paralizar el desarrollo de las raíces y las partes aéreas.

Fitotoxicidad: Toxicidad por algún producto químico para las plantas cultivadas.

Flagelo: Orgánulo en forma de filamento largo y móvil que poseen algunas células y del que se sirven para desplazarse en un medio líquido.

Fluido: Dicho de una sustancia: Que se encuentra en estado líquido o gaseoso.

Foliolo: Partes en las que se divide una hoja compuesta.

Forraje: Pasto seco conservado para alimentación del ganado.

Fotólisis: Descomposición de una sustancia por la acción de la luz visible o ultravioleta. Es esencial en la función clorofílica o fotosíntesis.

Fotosíntesis: a la fotosíntesis se le conoce a la función clorofílica o proceso químico que consiste en la conversión de materia inorgánica a materia orgánica gracias a la energía física que

Fruto: desde el punto de vista botánico, el fruto es una parte de la planta, se deriva del ovario de la flor fecundada y desarrollada. El fruto en parte interior alberga a las semillas que posteriormente germinan para perpetuar la especie que dan lugar a una nueva planta.

Fructosa: Azúcar de la fruta; monosacárido que, unido a la glucosa, constituye la sacarosa.

Fumigación: Acción de fumigar.

Fungicida: Dicho de un agente que destruye los hongos.

Fúngico: Relativo a los hongos.

Huevo de insecto: el huevo de insecto es el estadio de vida del insecto que comienza dentro del aparato reproductor del insecto hembra cuando el ovocito se rodea de una capa de ...

Haz: Parte superior del limbo de la hoja.

Híbrido: Dicho de un individuo cuyos padres son genéticamente distintos con respecto a un mismo carácter.

Hidratante: Agente que hidrata.

Hidratación: Proporcionar a algo, especialmente a la piel o a otro tejido, el grado de humedad normal o necesario.

Hidrófilo: Dicho de una materia o una sustancia: Que adsorbe el agua con gran facilidad.

Hidrófobo: Dicho de una materia o una sustancia: Que no adsorbe el agua.

Hidrólisis: Desdoblamiento de una molécula por la acción del agua.

Larva: La larva es un estado de un insecto, es diferente del individuo adulto; su alimentación lo obtiene con las piezas bucales y hábitat, generalmente son diferentes. Obligatoriamente requieren pasar por un proceso de metamorfosis para llegar al estadio adulto, pasando por un estadio intermedio de pupa.

Insecto: Los insectos son especies animales invertebrados del filo de los artrópodos. Comprenden un grupo de animales más diverso de la Tierra.

Insecto macho: el insecto macho se caracteriza por poseer un órgano introductor denominado aedeagus conocido como caracteres sexuales primarios.

Insecto hembra: el insecto hembra se caracteriza por poseer vagina a la misma que se les conoce como caracteres sexuales primarios.

Ninfa: Ninfa en los insectos se conoce a un estado de metamorfosis sencilla (hemimetabolismo) y en muchos invertebrados, se llaman ninfas a las etapas o estadios inmaduros.

Osmosis: es un fenómeno de difusión pasiva, esto suele suceder cuando existen dos soluciones en un medio en diferentes concentraciones de solutos y están separadas.

Nopal: El nopal es un cactus de higo chumbo, también se conoce como nopal, opuntia y otros nombres, es un fruto importante considerado para controlar la diabetes, alto colesterol, obesidad entre otros.

Parásito: Un parásito es un organismo que vive sobre o dentro otro organismo denominado huésped y se alimenta a expensas durante todo su ciclo de vida o parte de ella.

Pétalo: En botánica al pétalo se conoce como un antófilo que forma parte de la corola de una flor. Y en la parte interior del perianto, el pétalo comprende las partes estériles de la flor.

Pistilo: el pistilo es el órgano reproductor femenino. Está formado por el estigma, el estilo, y el ovario. En el interior del ovario se encuentra los óvulos.

Planta: desde el mundo vegetal las plantas tienen flores o sin florales, las mismas que se conocen como plantas angiospermas y gimnospermas.

Presión osmótica: a la presión osmótica se lo define como a la presión que se aplica a una solución para impedir el normal flujo neto de disolvente utilizando una membrana semipermeable.

Pupa: es un estado de metamorfosis de un insecto antes de alcanzar el estado adulto, en donde el individuo no se alimenta y los procesos vitales se hallan limitados.

Reproducción: La reproducción es un proceso biológico que permite la formación de nuevos individuos u organismos, siendo una propiedad común de todas las especies vivas.

Reproducción vegetal: En botánica, la reproducción vegetal se produce debido a varios mecanismos que permiten que las plantas se multipliquen.

Reproducción sexual: La reproducción sexual es un proceso de formar un nuevo individuo u organismo a partir de la combinación de material genético de dos organismos; comienza con un proceso de división celular de organismos eucariotas.

Reproducción asexual: la reproducción asexual se produce a partir de la célula de una planta y se crea otra célula idéntica, gracias al proceso de mitosis.

Tuna: La tuna es una planta de la familia de los cactus. Crece en zonas desérticas desde el nivel del mar hasta zonas templadas.

Vegetal: Al vegetal se considera al ser orgánico que crece, vive y se reproduce, pero vegeta o no se traslada de un lugar por impulso voluntario.

Saco embrionario: el saco embrionario en botánica es el gametofito femenino, se origina de una célula diploide (2n) denominada célula madre de la megaspora. En la mayoría de las plantas angiospermas está envuelta por una o dos láminas de tejido (tegumentos) que dejan un espacio abierto en el ápice denominado micropilo.

Semilla: a la semilla se le considera a una parte del vegetal, el mismo que sirve como un medio de propagar, los vegetales espermatofitos.

Sépalo: En botánica sépalo se denomina a la pieza floral que forma el cáliz de una flor de una planta angiosperma.

Siembra: A la siembra se le considera al proceso de colocar la semilla en el suelo (tierra) "preparado para ese fin".

Suelo: Se denomina suelo a la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa debido a que ahí se encuentra vida, razón por la cual proviene la desintegración o alteración física o química de las rocas y de los residuos de las actividades que se asientan sobre él.

AUTORES:

Alex Estuardo Erazo Lara



Alex Estuardo Erazo Lara es oriundo de la ciudad de Riobamba formado en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) como ingeniero agrónomo, especializándose con un diplomado y Maestría en la Universidad Santo Tomás, Santiago-Chile con la máxima distinción; actualmente está cursando el Programa de Doctorado de Recursos y Tecnologías Agrarias, Agroambientales y Alimentarias de la Universidad Miguel Hernández, Alicante-España; ha desempeñado cargos de gerente técnico en la

empresa privada y docente titular en la ESPOCH, ocupado cargos de Coordinación de maestrías, Coordinador interinstitucional y Director de la sede Morona Santiago. Es subdirector del proyecto “Alternativas para incrementa la producción de tuna (*Opuntia ficus*) e industrialización de la cochinilla (*Dactylopius coccus*), Cantón Guano, Ecuador y ha publicado artículos científicos en diferentes revistas regionales y de alto impacto”, ha participado como director y miembro de varias tesis de grado y posgrado.

Luis Alfonso Condo Plaza



Luis Alfonso Condo Plaza es oriundo del cantón Chillanes, se formó en el colegio Técnico Agropecuario Puruhá de la parroquia Quimiag, su formación profesional lo realizó en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo como Ingeniero Zootecnista y especialista en Economía y Administración Agrícola, la maestría en Proyectos Productivos y sociales obtuvo en la Universidad Nacional de Chimborazo y el Doctorado (PhD) en la Universidad Nacional Agraria La Molina en la República del Perú, la actividad laboral ha desempeñado en la empresa privada brindando servicio profesional y en la empresa pública Docencia en la ESPOCH y la Universidad Regional Amazónica IKIAM, en las asignaturas de Diseño Experimental, Genética animal, Mejoramiento Ganadero, Producción de Ganado de Carne, formulación de Proyectos, Estadística y Matemáticas I, II y aplicada en las diferentes carreras tales como Zootecnia, industrias Pecuarias, Ingeniería Estadística Informática, Bioquímica y Farmacia, y la carrera de Biocomercio en la Universidad IKIAM, ha publicado más de 25 artículos en diferentes revistas regionales y científica libros digitales y Físico que se encuentra en las bibliotecas de la ESPOCH y Universidades amigas. Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9625-9620>

Blanca Alexandra Oñate Bastidas

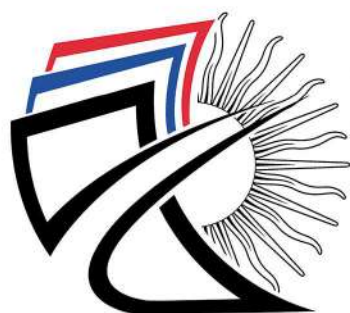


Ecuatoriana, nacida el 26 de marzo del 1984, en la Provincia de Santo Domingo de los Tsachilas cantón Santo Domingo de los Colorados, Abogada de los Tribunales de la República, Licenciada en Comunicación Social en la Universidad Técnica Particular de Loja, año 2015, Magister en Dirección de Comunicación Empresarial e Institucional (DIRCOM), por la Universidad de las Américas UDLA. Experiencia Laboral: Docente de la ESPOCH – Centro de Admisión y Nivelación y Docente en la Sede Morona Santiago; Técnica de Protección de derechos del Consejo Cantonal de la Niñez y Adolescencia; Comunicadora Social del GADM de Pedro Vicente Maldonado. Comprometida Con mi trabajo.

Pablo Israel Álvarez Romero



Doctor en Ciencias en Fitopatología con especialidad en Epidemiología y Ecología Molecular de Microorganismos en la Universidad Federal de Viçosa, Brasil, en 2019. Magíster en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales con especialidad en Sanidad y Mejoramiento Genético Vegetal en la Universidad Autónoma del Estado de México, México, en 2014. Ing. Agrónomo en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en 2005. Con más de 10 años de experiencia en manejo integrado de enfermedades en diferentes patosistemas en la Empresa Privada. Desde 2019, el Dr. Álvarez labora en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales impartiendo las asignaturas de Fitopatología, Control y Manejo de Enfermedades, Sanidad Vegetal y Biotecnología. Actualmente colabora en diferentes proyectos asociados a SANIDAD VEGETAL con organismos nacionales e internacionales como el INIAP, AGROCALIDAD, El Colegio de Posgraduados en México, La Universidad Nacional de Asunción en Paraguay, La Universidad Federal de Amazonas en Manaus, Brasil y La Universidad Federal de Viçosa en Brasil. pabloi.alvarez@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-0743-5210>



**PUERTO MADERO
EDITORIAL**

ISBN 978-631-90039-4-9



9 786319 003949