



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE
HIDALGO**



FACULTAD DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA

TESINA

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

QUÍMICO FARMACOBIOLOGO

**“DESCRIPCIÓN BIBLIOGRÁFICA DEL COLORANTE PRODUCIDO
POR LA COCHINILLA (*Dactylopius coccus costa*)”**

PRESENTA:

pQFB. HERIBERTO GÓMEZ GARCÍA

ASESORA:

MTE: LUCÍA MATILDE NAVA BARRIOS

MORELIA, MICH.

ENERO / 2019



UNIVERSIDAD MICHOACANA
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
Cuna de héroes, crisol de pensadores

Dedicatoria

**A mis padres y hermanos por
su amor y apoyo en este
largo caminar.**



Agradecimientos

Agradecer a mi padre **Otoniel Gómez Moreno** y madre **Verónica del Rocio García Vargas** quienes con su apoyo y consejos han logrado guiarme en todos estos años de vida y así mismo brindado todos los recursos necesarios para que este logro de vida se realizara.

A mis hermanos **Vanessa, Iván y Gerardo** quienes aún a su corta edad siempre han sabido llenar mi vida de palabras de aliento y demasiado de su amor para siempre tener fortaleza día a día.

A **Diana Mónica Origel Navarrete**, por ser una gran compañera de aventuras, por siempre creer en mí y por regalarme estos últimos años de su vida estando de manera incondicional presente en cada uno de mis días.

A mi asesora la **MTE: Lucía Matilde Nava Barrios** por todo su tiempo prestado y por haberme brindado toda su confianza y apoyo desde el comienzo de este proyecto.

A los profesores **D.C. Rafael Ortiz Alvarado, QFB. Elvira Ramos López, M.C. Raquel Santillán Galván, QFB. Marcos Alfonso García, I.B.Q. Rodrigo Merlos Rojas** por haberse tomado el tiempo de realizar las revisiones adecuadas para que esta documentación siempre sacara lo mejor de s

ÍNDICE

1. RESUMEN.....	1
2. ABSTRACT.....	2
3. INTRODUCCIÓN.....	3
4. ANTECEDENTES	5
4.1. Historia.....	5
5. JUSTIFICACIÓN.....	9
6. OBJETIVO GENERAL.....	10
7. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
8. DESARROLLO.....	11
8.1. ORIGEN.....	11
9. TAXONOMÍA.....	14
10. CICLO DE VIDA	14
11. CULTIVO.....	20
11.1. CIELO ABIERTO.....	20
11.2. TAPEXCO	20
11.3. SISTEMAS A PENCA CORTADA.....	21
11.4. MICROTÚNEL	22
11.5. INVERNADEROS	23
11.6. NOPALOTECA.....	23
11.7. PENCA EN PIE	24
11.8. CONTROLADA	26
12. RECOLECCIÓN Y COSECHA	30
13. TÉCNICAS DE MUERTE DE LA COCHINILLA	30
13.1. POR ASFIXIA.....	30
13.2. AL SOL	30

14. TÉCNICAS DE SECADO DE LA COCHINILLA	30
14.1. SECADO NATURAL	31
14.2. SECADO ARTIFICIAL.....	31
15. MÉTODOS PARA LA EXTRACCIÓN DEL ÁCIDO CARMÍNICO	32
15.1. EXTRACTO COLORANTE CON CARBONATO DE POTASIO	32
15.2. EXTRACTO COLORANTE CON CARBONATO DE SODIO	33
15.3. MÉTODO JAPONÉS.....	33
15.4. MÉTODO ALEMÁN.....	34
15.5. MÉTODO DE CARRÉ.....	34
15.6. MÉTODO INGLÉS	35
16. COMPOSICIÓN DE COLORANTE	36
17. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL ÁCIDO CAMÍNICO	37
18. TOXICOLOGÍA DEL COLORANTE	38
18.1. CARMÍN DE COCHINILLA.....	38
18.1.1. ALERGIA RESPIRATORIA.....	40
18.1.2. ALERGIA ALIMENTARIA	47
18.1.2.3. IDENTIFICACIÓN DE ALÉRGENOS	49
19. USOS O APLICACIONES DEL COLORANTE	51
19.1. USOS COSMÉTICOS.....	51
19.2. ALIMENTOS FUNCIONALES Y NUTRACÉUTICOS	53
19.3. INDUSTRIA FARMACÉUTICA.....	55
19.4. INDUSTRIA TEXTIL.....	55
20. PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN EN MÉXICO.....	55
21. CONCLUSIÓN	57
22. PERSPECTIVAS.....	58
23. GLOSARIO.....	59
24. REFERENCIAS.....	63

Índice de figuras

Figura 1. Recolección de la grana por un indígena durante la Colonia.	5
Figura 2. Pintura prehispánica a base de cochinilla silvestre.	6
Figura 3. Cochinilla silvestre (izquierda) y cochinilla fina (derecha)	11
Figura 4. Mapa de los principales productores de Cochinilla Fina.	12
Figura 5. Mapa de los principales productores de Cochinilla Silvestre.....	13
Figura 6. <i>Dactylopius coccus costa</i>	14
Figura 7. Ciclo biológico de la grana cochinilla (<i>Dactylopius coccus Costa</i>).	15
Figura 8. Principales entomófagos de la grana cochinilla (<i>Dactylopius coccus Costa</i>).....	18
Figura 9. Entomófagos de la grana cochinilla (<i>Dactylopius coccus Costa</i>) de importancia media.	18
Figura 10. Cielo abierto.	20
Figura 11. Cultivo Tapexco.....	21
Figura 12. Cultivo en microtúnel.....	23
Figura 13. Cultivo Nopaloteca.	24
Figura 14. Cultivo penca en pie.....	25
Figura 15. Estructura del ácido carmínico.	36
Figura 16. Ácido Carmínico.....	37
Figura 17. Cochinillas desecadas (izquierda) y carmín en polvo.....	39
Figura 18. Esquema de la evolución de los empleados en la fábrica de colorantes.	44
Figura 19. Protocolo de estudio de los empleados en la fábrica de colorantes....	45

Índice de tablas

Tabla 1. Insectos depredadores de la grana cochinilla.	17
Tabla 2. Composición química de la cochinilla.	31
<i>Tabla 3.</i> Utilización de colorantes carmín y cochinilla	40
Tabla 4. Constituyentes bioactivos en las diferentes partes de la planta de cactus.	52

1. RESUMEN

La cochinilla (*Dactylopius coccus costa*) es un insecto de gran importancia en México, los indígenas mexicanos lograron distinguir dos tipos de cochinilla, la cochinilla silvestre y la cochinilla fina, entre los cuales cabe mencionar que con la llegada de los españoles en la época colonial llegó al tercer lugar en la lista de las exportaciones estando solo por debajo del oro y de la plata, la alta demanda de la cochinilla por su producción de colorante carmín llegó al punto de tener adulteraciones en la composición de esta, perdiendo la finura del colorante y sus compuestos, lo cual la llevó a ser eliminada de las listas de exportación.

En México importantes culturas fueron las que no pararon la producción de la cochinilla y con ello la obtención del colorante carmín, en Tlaxcala y en las costas de Oaxaca existía una fuerte demanda del colorante carmín debido a que sus artesanos incluían el colorante en muñas de sus artesanías y en la tinción de las prendas que en el lugar se fabricaban.

El crecimiento de la cochinilla (*Dactylopius coccus costa*) en México se realiza con un punto alto de cuidados debido a que en diversas regiones del país el clima no es favorable para su desarrollo y tomando en cuenta que también se tiene el desarrollo de muchas más especies que ponen en peligro el crecimiento de la cochinilla, pues en México se albergan gran cantidad de los principales depredadores naturales de este insecto.

La producción de la cochinilla (*Dactylopius coccus costa*) ha llevado a la población a desarrollar diferentes técnicas de cultivo para su crecimiento, debido a que el colorante carmín comienza a tener un alto impacto en diferentes sectores industriales, los cuales comienzan a optar por introducir colorantes naturales y dejar de lado el uso de los colorantes sintéticos.

Palabras clave: cochinilla, *Dactylopius coccus costa*, producción, México, colorante carmín.

2. ABSTRACT

The cochineal (*Dactylopius coccus costa*) is an insect of great importance in Mexico, the Mexican natives managed to distinguish two types of cochineal, wild cochineal and cochineal, among which it is worth mentioning that with the arrival of the Spanish in the colonial era reached the third place in the list of exports being only below gold and silver, the high demand of cochineal for its production of carmine dye came to the point of adulterations in the composition of this, losing the fineness of the dye and its compounds, which led to it being removed from the export lists.

In Mexico important cultures were those that did not stop the production of the cochineal and with it the obtaining of the carmine dye, in Tlaxcala and in the coasts of Oaxaca there was a strong demand for the carmine dye because its artisans included the dye in their muñas. handicrafts and in the staining of the clothes that were made in the place.

The growth of cochineal (*Dactylopius coccus costa*) in Mexico is done with a high point of care because in various regions of the country the climate is not favorable for its development and taking into account that there is also the development of many more species that endanger the growth of cochineal, because in Mexico are home to a large number of the main natural predators of this insect.

The production of cochineal (*Dactylopius coccus costa*) has led the population to develop different cultivation techniques for its growth, because the carmine dye begins to have a high impact in different industrial sectors, which begin to choose to introduce dyes natural and put aside the use of synthetic dyes.

Key words: cochineal, *Dactylopius coccus costa*, production, Mexico, carmine dye

3. INTRODUCCIÓN

La cochinilla, *Dactylopius coccus Costa* (Homoptera: Dactylopiidae), es un insecto parásito de los cladodios y frutos de la tuna, *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Cactaceae), cuyas hembras son la fuente de ácido carmínico, materia prima para la producción de carmín, un colorante rojo utilizado por la industria alimenticia, textil y farmacéutica. (Rodríguez y Niemeyer, 2001).

La colonización de la planta con propósitos comerciales se realiza manualmente con hembras ovíparas, utilizando cajas de cartón, plástico o bolsas de gasa que son fijadas al cladodio. Las ninfas migrantes buscan un lugar donde asentarse, colonizando preferentemente la base de las espinas y las irregularidades de la superficie de los cladodios. Luego de asentarse y tener una primera muda, las ninfas que generan hembras permanecen sésiles el resto de sus vidas, y tienen una muda adicional antes de convertirse en adultos. (Rodríguez, L. C., E Faúndez, J Seymour, 2005).

Las ninfas que generan machos, luego de la segunda muda forman un capullo en cuyo interior se forman la pre-pupa y la pupa. Éstas dan paso al insecto adulto, que vive en promedio tres días. Para que la hembra oviposite, es necesaria la cópula. Una vez fecundada, la hembra pone un promedio de 180 huevos hasta el término de su ciclo vital. (Flores-Flores y Tekelenburg, 1995).

Sus aplicaciones son diversas en la industria cosmética, alimenticia, farmacéutica y textil, entre otras (Vigueras y Portillo, 1997). La grana fina es la cochinilla comercial; la silvestre, debido a la baja concentración y calidad del colorante, se utiliza esporádicamente. Sin embargo, sus características afines y distintivas ofrecen perspectivas de aprovechamiento como fuente del colorante carmín y para mejoramiento genético de la grana fina. (Aquino, 1991).

Asimismo, en algunos países sudafricanos tiene importancia económica por su utilidad como biocontrol de poblaciones *Opuntia* (Morán y Zimmerman, 1991). En

las zonas áridas del norte de México, específicamente en el Bolsón de Mapimí, algunas especies de cactus y plantaciones de nopales son afectadas por la cochinilla, la cual no ha sido apropiadamente estudiada y comienza a ser una plaga considerable. (Cruz, 1990).

Nuestro interés en este insecto silvestre es extender el conocimiento tomando en cuenta algunos aspectos biológicos para promover su reproducción natural y su utilización. (A Flores-Hernández, B Murillo, 2006).

La utilización de tintes y colorantes es probablemente tan antigua como la humanidad. Todas las civilizaciones han empleado diversas sustancias de procedencia orgánica o mineral, y más recientemente sintéticas, para colorear o decorar gran variedad de productos de su entorno, que van desde el propio cuerpo humano (cosméticos), a la vivienda, los utensilios, la ropa, los alimentos, etc. (Al Tabar, S Acero, C Arregui, M Urdánoz, 2003).

En el estudio de los colorantes están involucradas, por tanto, ciencias como la física, la química, la biología, la antropología, las artes plásticas, etc., implicando también a la medicina por las reacciones adversas que su utilización o consumo pueden producir en el ser humano. (Al Tabar, S Acero, C Arregui, M Urdánoz, 2003).

Los colorantes se dividen de forma general en naturales y sintéticos, según su procedencia. Los tintes reactivos pertenecen al grupo de los colorantes sintéticos, y son los principales agentes implicados en patología ocupacional¹. Los colorantes naturales también son ampliamente utilizados y a pesar de que son habitualmente bien tolerados, en los últimos años ha aparecido un número creciente de publicaciones sobre las reacciones alérgicas causadas por el colorante carmín. En este artículo revisaremos las reacciones alérgicas descritas con este colorante. (Tabar, S Acero, C Arregui, M Urdánoz, 2003).

4. ANTECEDENTES

4.1. Historia

La grana cochinilla se denominaba en la época Prehispánica como nocheztli, término náhuatl que significa «sangre de nopal», el cual servía para designar al insecto y al colorante que produce. (Wright, 1963).



Figura 1. Recolección de la grana por un indígena durante la Colonia. En aquella época la grana se recolectaba y seleccionaba a mano (Tomado de Alzate, 1777).

Desde entonces su clasificación ha sido continuamente modificada; Linneo la llamó *Coccus cacti* en 1758, más tarde Burmeister en 1939 la describió como *Pseudococcus cacti*, pero en 1835, Costa ya la había clasificado como *Dactylopius coccus*. (Piña, 1977).

Los indígenas mexicanos reconocieron dos tipos de cochinillas, una denominada grana cultivada o fina y otra llamada cochinilla silvestre o corriente (Brana, 1964), el término náhuatl de ésta última es *ixquimilihuqui*. (Piña, 1977).

En la actualidad la grana cultivada o fina está clasificada técnicamente como *D. coccus* y aquella que se considera cochinilla silvestre o corriente es en realidad un grupo conformado del resto de las especies de *Dactylopius* (Portillo, 1993), que de acuerdo a De Lotto (1974) son ocho especies que corresponden a los siguientes taxa: *D. austrinus* De Lotto 1974, *D. ceylonicus* (Green) 1876, *D. confertus* De Lotto 1974, *D. confusus* (Cockerell) 1893, *D. opuntiae* (Cockerell) 1896, *D. salmianus* De Lotto 1974, *D. tomentosus* (Lamarck) 1801 y *D. zimmermanni* De Lotto 1974. (Griffith, 2004; Portillo, 2005; Novoa, 2006; Portillo y Viguera, 2006).

Portillo y Viguera (2002a) mencionaron que el número de especies de *Dactylopius* asciende a 10, ya que Ben-Dov y Marotta (2001) reasignaron a *Coccus bassi* como *Dactylopius bassi*. El origen de *D. coccus* siempre ha sido objeto de controversia, pero a raíz de nuevos trabajos de investigación se acepta que su ambiente ecológico nativo, con todas sus plantas hospedadoras y enemigos naturales, ocurre en Norteamérica. (Griffith, 2004; Portillo, 2005; Novoa, 2006; Portillo y Viguera, 2006).

En la época precortesiana, la grana fina era llamada por los aztecas *nocheztli*, palabra que quiere decir “sangre de tunas”. La escritura y dibujo en murales y en papel amate son ejemplos del uso de este colorante. La cerámica y textiles del periodo postclásico (900-1521 de nuestra era) también fueron teñidos con grana. (Griffith, 2004; Portillo, 2005; Novoa, 2006; Portillo y Viguera, 2006).

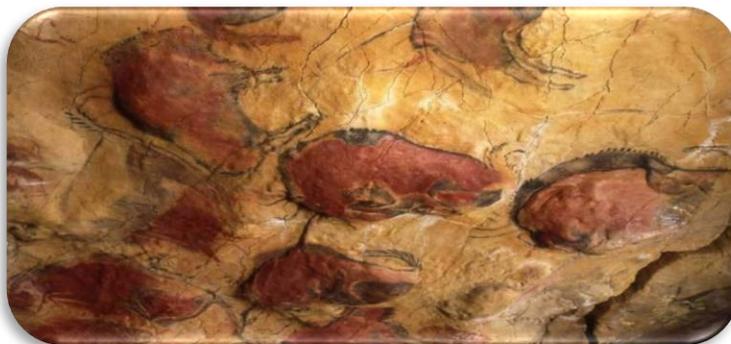


Figura 2. pintura prehispánica a base de cochinilla silvestre.

En la época colonial los españoles tomaron el control de la producción de la grana del carmín, manteniéndola como el tercer producto de exportación de México, sólo superado por el oro y la plata. Los españoles, aprovechando que el pigmento se obtiene de las hembras adultas secas del insecto, las cuales parecen semillas y son resistentes como éstas, las exportaron a Europa y, para ocultar el origen del producto y conservar el monopolio, decían que eran productos vegetales, lo cual también dio lugar al uso de frases como sembrar, cosechar, etcétera, para referirse a las actividades del cultivo, palabras que aún se conservan. (De la Cruz. F, García. F, Del Río. I y Lanz. H, 2005).

Fueron los mismos españoles, en el siglo XVI, quienes llevaron pencas infestadas de grana fina de la Nueva España a las Islas Canarias para producir pigmento y abastecer el enorme mercado europeo. Cabe mencionar, como ejemplo, del extenso uso de la grana en ese tiempo para los uniformes del ejército inglés, las famosas “casacas rojas”, que se teñían con este pigmento. (De la Cruz. F, García. F, Del Río. I y Lanz. H, 2005).

Más adelante, durante la guerra de Independencia de México, los primeros ejércitos libertadores operaron en zonas productoras de grana, como los estados de Jalisco, Oaxaca y San Luis Potosí. Cuando el ejército insurgente, comandado por Morelos, ocupó la ciudad de Oaxaca, el principal producto tomado en el saqueo fue la grana. Con el dinero que proporcionó esta grana, Morelos pudo equipar su ejército para continuar con la guerra. Al paso del tiempo, ya cercana la Independencia, los ricos comerciantes graneros (productores de grana) se pusieron a la orden del ejército insurgente, con el propósito de no verse despojados de sus riquezas. (Del Río, 2002).

Una vez consumada la Independencia (1821), se siguió cultivando la grana. Sin embargo, a pesar de, o quizá debido a su gran demanda mundial, la grana mexicana empezó a producirse con poco control, usando cepas de grana de baja calidad, cultivadas en regiones poco favorables para el crecimiento del insecto. (De la Cruz. F, García. F, Del Río. I y Lanz. H, 2005).

Esta situación prevaleció hasta la segunda mitad del siglo XIX, cuando el cultivo de la grana decayó definitivamente debido a que, en el marco de la Revolución Industrial, el desarrollo de la química proporcionó tintes sintéticos como las anilinas, que fueron más baratos y fáciles de producir que los colorantes naturales. (De la Cruz. F, García. F, Del Río. I y Lanz. H, 2005).

Las cosas siguieron así hasta la década de 1980, cuando se acumularon evidencias de que los colorantes artificiales pueden producir daños a la salud como cáncer, toxicidad y algunos tipos de alergia, por lo que a mediados de la década se generó una gran demanda de colorantes naturales, oportunidad aprovechada por Chile y Perú, que se convirtieron en los grandes productores mundiales de cochinilla (4 a 5 mil toneladas anuales, www.cochinilla.org). (De la Cruz. F, García. F, Del Río. I y Lanz. H, 2005).

Este repunte de la demanda de ácido carmínico no modificó la situación en México, donde actualmente sólo en los estados de Oaxaca, Morelos y Jalisco se dedican algunas parcelas para la producción de cochinilla fina en pequeña escala, con fines principalmente artesanales. (De la Cruz. F, García. F, Del Río. I y Lanz. H, 2005).

5. JUSTIFICACIÓN

La siguiente investigación acerca de la cochinilla (*Dactylopius coccus costa*) se realizó para tener información concreta del desarrollo de la cochinilla y consigo la producción de colorante natural rojo carmín, esto con el fin de promover la información cultural que se tiene acerca del producto y con ello llevar a la ciudadanía a tener un mejor conocimiento de un producto que tiene origen muy antiguo en el territorio mexicano y que ha tenido un gran incremento comercial por la gran facilidad de implemento en distintos sectores de desarrollo para el ser humano.

Con la intención de implementar información acerca de las ventajas que tiene la producción de la cochinilla y a si mismo hacer saber de las propiedades con las que cuenta el colorante y poder hacer un uso adecuado del mismo.

6. OBJETIVO GENERAL

Documentar bibliográficamente las características y usos del colorante producido por la Cochinilla (*Dactylopius coccus costa*).

7. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1.- Documentar las características físicas y químicas del colorante carmín producido por (*Dactylopius coccus costa*).

2.- Investigar los usos del colorante carmín producido por (*Dactylopius coccus costa*).

3.- Describir la toxicología del colorante carmín producido por (*Dactylopius coccus costa*).

8. DESARROLLO

8.1. ORIGEN

El *nocheztli*, tinte a base de la grana cochinilla, fue auténtica conquista científica del indígena prehispánico de México. Impulsado por los españoles en el siglo XVI, su cultivo tuvo grande incremento, se extendió hasta Guatemala y se recogía en Loja y Tucumán, en la América del Sur; exportada al Viejo Mundo, vía España y Filipinas, revolucionó las industrias de colorantes; fue, en consecuencia, uno de los ramos más lucrativos de la economía iberoamericana y su estimación se reflejó hasta en las Leyes de Indias. (Dahlgren y Jordán, 1990).

A principios de la Época Colonial, es decir, hacia 1550, el fuerte incremento del cultivo de la grana cochinilla se tradujo en una era de prosperidad para los indígenas, especialmente en Tlaxcala y en la costa de Oaxaca. Más un desenfrenado afán de lucro de los intermediarios se tradujo por un lado en una inocua explotación de los indígenas, y por otro, en una serie de adulteraciones de la grana, primero en los mercados locales y con el tiempo también en los puertos de importación. (Dahlgren y Jordán, 1990).

En la actualidad la cochinilla se vuelve a cotizar a precio bastante favorable en el mercado internacional; se emplea principalmente en la elaboración de medicinas y como colorante de alimentos y cosméticos. (Dahlgren y Jordán, 1990).



Figura 3. cochinilla silvestre (izquierda) y cochinilla fina (derecha).

Se distingue entre dos tipos de cochinilla, la fina (cultivada) y la silvestre, que presentan diferencias bien marcadas; sin embargo, ignoramos si se trata de dos especies distintas o se debe a la domesticación. Según parece, la cultivada solo se producía en Oaxaca, Puebla, Tlaxcala y regiones circunvecinas, mientras las silvestre se conoció en grandes del continente, y se recogía especialmente en Atlán de la Grana (Jalisco), en Chiapas y en varios lugares de Sudamérica, como Loja (Ecuador), Tucumán (Argentina) y en Brasil. (Dahlgren y Jordán, 1990).



Figura 4. Mapa de los principales productores de Cochinilla Fina.



Figura 5. Mapa de los principales productores de Cochinilla Silvestre.

9. TAXONOMÍA

La cochinilla es un insecto (*Dactylopius coccus costa*) que se instala, como parásito, en las hojas de la tuna (*Opuntia picus cactil*), de cuya savia se nutre a través de un estilete bucal. Su reproducción se realiza en la misma tuna, donde se aloja formando colonias. El colorante natural que se extrae de la cochinilla, contiene dos sustancias: el carmín y el ácido carmínico, que son inocuos al hombre, por lo que se recomienda como colorante natural.

- Clase: Insectos
 - X.Orden: Hemípteros
 - Sub-Orden: Homópteros
 - Familia: *Dactylopidae*
 - ◆ Género: *Dactylopius*
 - Especie: *Dactylopius coccus*
 - Nombre vulgar: Cochinilla



Figura 6. *Dactylopius coccus costa*.

10. CICLO DE VIDA

En varios insectos se observa que la hembra y el macho son morfológicamente diferentes, esto se conoce como dimorfismo sexual. Montiel en 1995 realizó un trabajo sobre morfología y biología de la grana cochinilla, en el cual destaca el dimorfismo sexual que presenta este insecto, se debe a que las hembras tienen metamorfosis hemimetábola (incompleta), en tanto los machos son de metamorfosis holometábola (completa), y que por consiguiente los estados inmaduros de estos últimos deben denominarse larvas, en lugar de ninfas como corresponde en el caso de las hembras. (Portillo y Viguera, 2013).

Los machos presentan alas en su instar adulto, son móviles y de menor tamaño; en tanto que las hembras son ápteras, inmóviles y de mayor tamaño (alrededor de 6 mm), de forma oval y están cubiertas de una cera a manera de talco que se desprende con facilidad al soplar. Marín y Cisneros (1977) reportaron que la hembra

pasa por los instares de huevo, ninfa y adulto, mientras que el macho presenta los instares de huevo, ninfa, pupa y adulto (Figura 7). Ambos presentan dos estados ninfales muy similares previos al adulto. (Portillo y Viguera, 2013).

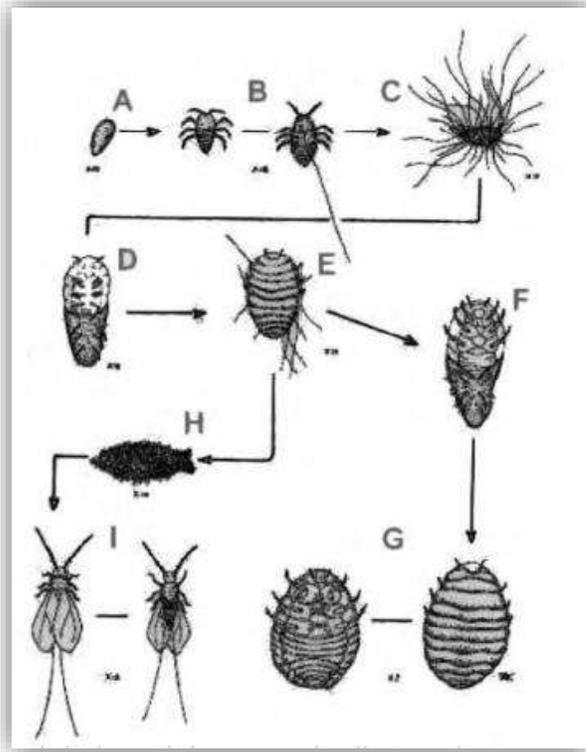


Figura 7. Ciclo biológico de la grana cochinilla (*Dactylopius coccus Costa*). A) huevo, B) vista dorsal y ventral de ninfa I migrante, C) ninfa I establecida, D) muda a ninfa II, E) ninfa II, F) muda a hembra adulta, G) vista ventral y dorsal de hembra adulta, H) capullo de macho, I) vista dorsal y ventral de macho adulto. Tomado de Portillo (1992).

La hembra, que es la que se utiliza para extraer el pigmento, tiene forma ovalada, mide en promedio 6.24 mm de largo por 4.71 mm de ancho, pero aumenta de tamaño cuando está próxima a ovipositar. La duración del ciclo biológico desde la fase de huevo hasta adulto es variable ya que puede ser desde 90 hasta 103 (Marín y Cisneros, 1977) ó 128 días. (Condeña, 1997).

Variabilidad en función de la temperatura y otros factores, por lo que puede alargarse en climas fríos o reducirse en climas cálidos. Por otro lado, el macho forma un capullo o pupa y al emerger de él presenta dos pares de alas y la cabeza, tórax y abdomen bien diferenciados, segmentos que no se aprecian a simple vista en la hembra. Mide ca. 2.2 mm de ancho por 4.8 mm de expansión alar. (Marín y Cisneros, 1977).

La cría de la grana cochinilla se realiza de diversas formas de acuerdo a los factores abióticos de cada región, que, en interacción con los bióticos, son todo un reto para escalar la coccidocultura a un nivel comercialmente atractivo. (Portillo y Viguera, 2013).

El clima en su conjunto es uno de los principales factores a sortear, por otro lado, los factores bióticos representan un problema a solucionar. Sobre éstos últimos se tiene en primera instancia a la cochinilla silvestre (*Dactylopius spp.*), misma que compete con la grana cochinilla fina (*D. coccus*) por el hospedero. (Portillo y Viguera, 2013).

La primera, además, es muy agresiva como parásito de las nopaleras, tanto así, que ha sido utilizada exitosamente como controlador biológico en Sudáfrica y otras partes del mundo. Otro factor biótico con el cual se enfrenta el coccidocultor, lo conforman los numerosos y diversos depredadores de las cochinillas (tabla 1), especialmente en México, los cuales, si no son manejados de una manera integral, merman considerablemente la población de grana cochinilla y por ende el rendimiento. (Portillo y Viguera, 2013).

Desafortunadamente no existe un método específico que sea eficaz para eliminar a los depredadores, por lo que sólo se puede hacer un manejo y control de los mismos; si se pretende combatir con insecticidas se debe de tener en cuenta que la grana cochinilla también es un insecto y cualquier aplicación de estos productos causará mayores pérdidas. (Portillo y Viguera, 2013).

Se recomienda tener cuidado con los contenedores que sirven para la inoculación (infestación) de la grana cochinilla, revisar que no tengan arañas depredadoras; seleccionar el pie de cría que servirá para inocular y revisar en la medida de lo posible que tampoco contengan larvas de depredadores ni cochinilla silvestre u otro competidor; colocar trampas para capturar los adultos y con esto disminuir la reproducción y propagación. (Portillo y Viguera, 2013).

Tabla 1. Insectos depredadores de la grana cochinilla.

Grupo taxonómico	Nombre común	Figuras
<i>Lepidoptera: Pyralidae</i> <i>Laetilia coccidivora Comstock</i>	«gusano telero»	2a, b, c y d
<i>Diptera: Syrphidae</i> <i>Eosalpingogaster cochenillivora</i> <i>Guerin-Meneville</i>	«gusano tambor»	2e, f y g
<i>Neuroptera: Hemerobidae</i> <i>Symphorobius amicus Fitch</i>	«gusano aguja»	3a y b
<i>Coleoptera: Coccinellidae</i> <i>Hyperaspis trifurcata Schaeffer</i> <i>Chilochorus cacti L</i>	«catarinita»	3c 3d y e
Otra larva no identificada	Desconocido	n.a.

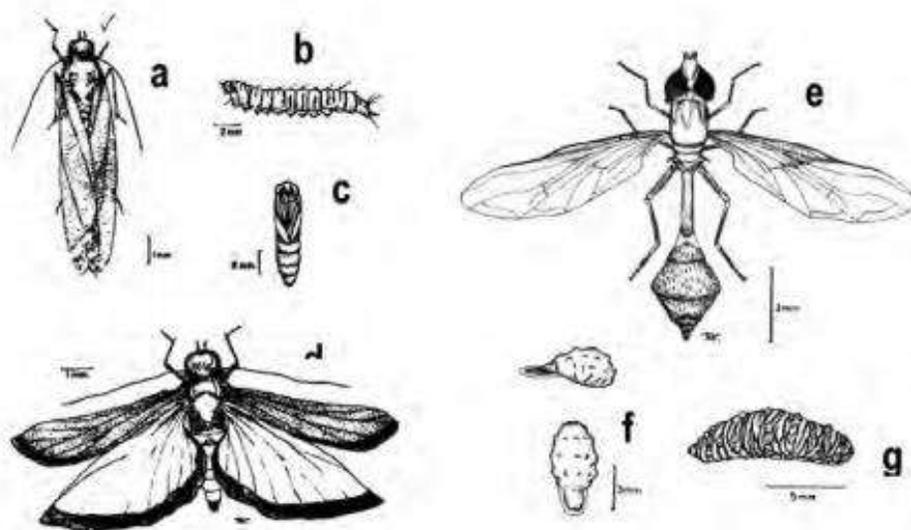


Figura 8. Principales entomófagos de la grana cochinilla (*Dactylopius coccus Costa*). “Gusano telero”: a) adulto con alas en reposo, b) larva, c) pupa y d) adulto en expansión alar. “Gusano tambor”: e) adulto con expansión alar, f) pupas y g) larva.

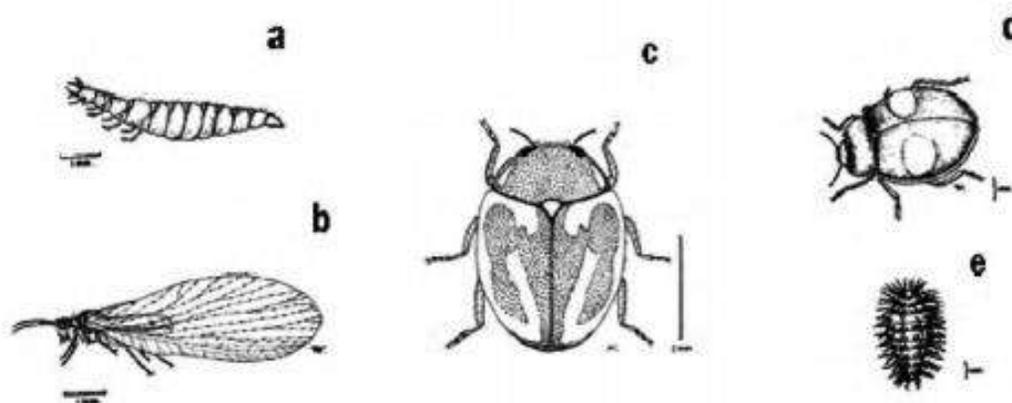


Figura 9. Entomófagos de la grana cochinilla (*Dactylopius coccus Costa*) de importancia media. “Gusano aguja”: a) larva y b) adulto. “Catarinitas”: c) adulto del género *Hyperaspis*, d) adulto y e) larva del género *Chilochorus*.

La decisión de criar grana cochinilla a cielo abierto debe ser tomada de acuerdo a las condiciones de cada lugar, ya que los principales factores a considerar de una región pueden no ser los mismos para otras zonas. (Vigueras y Portillo, 1997).

El resto de los factores abióticos parecen tener menor impacto, ya que regularmente los lugares para desarrollar la cría de la grana cochinilla son seleccionados previamente y donde tales factores permiten la cría del insecto. La opción más conveniente es buscar el balance entre los factores abióticos y la producción a cielo abierto de grana cochinilla (factores bióticos), que permita acceder a niveles cualitativa y cuantitativamente aceptables. (Vigueras y Portillo, 1997).

Por otro lado, es conveniente destacar que las plantas hospederas de la grana cochinilla son exclusivamente cactáceas, la especie más utilizada para su cría es *Opuntia ficus-indica*, con sus formas espinosas y glabras (sin espinas), las cuales en realidad forman un complejo que en la literatura disponible aparecen como especies independientes (Kiesling, 1998), todas ellas originarias de México. (Griffith, 2004).

Se ha observado que los nopales hospederos que presentan espinas, brindan mayor protección al insecto contra factores abióticos como la lluvia. Al parecer en este mismo sentido funciona el tomento que tienen algunas especies como *Opuntia atropes*, *O. jaliscana* y *O. tomentosa*. (Vigueras y Portillo, 1997).

11. CULTIVO

11.1. CIELO ABIERTO

Este sistema de producción consiste en criar la cochinilla en planta en pie sin protecciones para controlar la radiación solar, la temperatura, el viento y la lluvia. Por esta razón, este sistema de cría se desarrolla en regiones con muy baja precipitación, en zonas protegidas, pero no en valles amplios ni planicies con vientos fuertes, libres de heladas invernales, de preferencia con suelos con muy buen drenaje. (Aquino, G, 2016).

Los fertilizantes y mejoradores de suelo a utilizar serán aquellos con bajo poder residual y contenido de calcio, magnesio y sodio. La alta densidad de plantación es una característica favorable en estos sistemas, dado que permite un buen sombreado natural entre pencas e hileras. (Aquino, G, 2016).



Figura 10. Cielo abierto.

11.2. TAPEXCO

El tapexco consiste en una protección para reducir la radiación y el agua de lluvia. Este tipo de explotación es para altas densidades de nopal. (Aquino, G, 2016).

Los costos de este sistema son similares a los de cielo abierto, sólo habría que sumar los costos del tapexco. En este caso existen varias opciones para el productor, de acuerdo al tipo de material que desea utilizar en las protecciones. En la producción familiar es común utilizar materiales de la región como: residuos de cosecha de maíz, trigo, cebada, etc., carrizo, tule, entre otros; lo importante es

eliminar la filtración del agua sobre las plantas infestadas además de reducir la radiación solar. (Aquino, G, 2016).



Figura 11. Cultivo Tapexco.

11.3. SISTEMAS A PENCA CORTADA

Estos sistemas tienen la ventaja de que en un reducido espacio se pueden manejar altas densidades de pencas por unidad de superficie. (Aquino, G, 2016).

En estos sistemas es muy importante estandarizar el tamaño de las pencas, en general el tamaño deseable es alrededor de 750 cm, porque los espacios para los cladodios están casi siempre predeterminados (30 a 40 cm). Para lograr una alta producción de este tipo y tamaño de pencas, la densidad de plantación debe ser alrededor de 10,800 plantas por hectárea dependiendo de la calidad del suelo y la disponibilidad de riego. (Aquino, G, 2016).

11.4. MICROTÚNEL

El microtúnel es una construcción sobre la superficie del suelo y que consiste en una estructura que puede ser de varilla 3/8" (tres octavos de pulgada) o ramas de 5 a 12cm de diámetro, la forma puede ser de arco o a dos aguas. Sobre esta estructura se coloca una cubierta de plástico y, cuando se requiera, un sombreado adicional para controlar los cambios bruscos de temperatura. En el interior de esta estructura se tejerá una red (emparrillado) cuyos espacios tengan 3 X 30 cm. El tejido queda con cuatro hileras. (Aquino, G, 2016).

En este emparrillado o red se colocan las pencas de nopal, las cuales pueden ser infestadas previamente o infestadas con nidos individuales, es decir un nido por cladodio. La infestación previa de los cladodios en infestadores especiales permite homogeneizar la edad de los insectos y la distribución sobre los cladodios. La dimensión del microtúnel es 8X1 m con capacidad de albergar de 650 a 700 pencas de nopal, suficientes para producir 1 kg de grana. (Aquino, G, 2016).

Este sistema es recomendable en unidades de producción familiar con capacidad de manejar hasta 4 microtúneles por unidad. Los costos del microtúnel dependerán del tipo de material a utilizar. Si el material es de varilla, orillas de tabique y arena gruesa en su piso, el costo será elevado. Sin embargo, parte de los materiales pueden ser sustituidos con materiales de la región y, en este caso, los costos irán disminuyendo de acuerdo al grado de sustitución de materiales. (Aquino, G, 2016).



Figura 12. Cultivo en microtúnel.

11.5. INVERNADEROS

Este sistema presenta las mismas ventajas que el microtúnel con la diferencia de que en este sistema se pueden manejar grandes volúmenes de pencas ya que se puede aprovechar el espacio vertical en al menos tres estratos. Existen dos tipos de explotación: la nopaloteca con penca colgada e invernadero con pencas en pie. (Aquino, G, 2016).

Existen dos limitantes para estos sistemas de cría que son: (a) excesivo sombreado en los estratos inferiores, problema que es más patente en el de penca en pie, (b) en el caso de la nopaloteca el problema más fuerte es la pudrición de los cladodios en los meses más fríos y lluviosos del año. La producción estimada en estos sistemas es de 15 kg de grana por 10,692 pencas. La densidad recomendable es de 66 pencas por metro cuadrado y 198 pencas en tres estratos en la misma superficie, 1,782 por hilera y 10,692 pencas por invernadero. (Aquino, G, 2016).

11.6. NOPALOTECA

La nopaloteca es un sistema que se caracteriza por colgar las pencas en posición inversa en tendederos y en 3 o 4 estratos. La densidad de pencas puede ser de 90

cladodios por metro cuadrado en tres o cuatro estratos y en "paquetes" de dos o tres hileras separados por un pasillo de 60 cm. (Aquino, G, 2016).

Los tendedores pueden tener distinto diseño y de duración permanente o desmontables (de metal o madera). En este caso los cladodios son perforados de su base y en este orificio se engancha y se coloca en un tendadero. Se recomienda poner tendedores en paquetes de tres a cuatro hileras por metro lineal y seis paquetes de hileras en 10m. Los paquetes de hileras se separan con un pasillo de 75 cm. (Aquino, G, 2016).



Figura 13. Cultivo Nopaloteca.

11.7. PENCA EN PIE

Este sistema garantiza altos rendimientos, superiores a cualquier otro sistema. Para este sistema se puede utilizar cajones de madera con un tejido de hilo, rafia o ixtle parecidos al del microtúnel; el largo de los cajones dependerá de tamaño del invernadero, pero el ancho debe ser de 1 m como máximo con tres a cuatro hileras de espacios para las pencas. Sin embargo, por el sombreado, solo permite dos estratos además de que el costo de los cajones es elevado. (Aquino, G, 2016).

Este problema se supera si se utilizan redes sobre un emparrillado de varilla o ángulo y plástico transparente en la base. Uno de los aspectos muy importantes en este sistema es que se evita la contaminación por sericina, la pudrición por las lesiones que son propias de la nopaloteca. El costo dependerá también del tipo y calidad de los materiales del invernadero, así como de los materiales para las adaptaciones. (Aquino, G, 2016).



Figura 14. Cultivo penca en pie.

11.8. CONTROLADA

El presente trabajo se realizó en el Colegio de Postgraduados (C.P.), Montecillo, Estado de México, que se encuentra a 19° 29' N y 98° 54' O, y a 2250 m. Temperatura media anual de 14.6 °C y precipitación media anual de 558.5 mm (datos de la estación agrometeorológica Montecillo). (Aguilera. C. A, Cázares. C. LI, Hernández. M. S, Márquez. L. E. C, 2015).

Se utilizaron pencas de *Opuntia ficus-indicavar*. Atlixco de dos años de edad para establecer una plantación de nopal con distancia entre plantas de 0.5 m y 1.5 m entre hileras. La plantación se realizó con grupos de tres pencas, la de la base enterrada hasta la mitad, con orientación norte sur, de manera que sus caras quedaran en posición este-oeste. (Aguilera. C. A, Cázares. C. LI, Hernández. M. S, Márquez. L. E. C, 2015).

Además del control de maleza y la aplicación de riegos, también se realizó la poda de formación, que consistió en dejar crecer dos niveles a partir de la penca madre, el primero con dos y el segundo con cuatro pencas, de manera que se obtuvieron seis pencas por planta para cada infestación; los brotes emitidos posteriormente fueron eliminados. (Aguilera. C. A, Cázares. C. LI, Hernández. M. S, Márquez. L. E. C, 2015).

Se infestaron plantas de nopal a cielo abierto y en dos tipos de microtúneles, el primero cubierto con lona de rafia verde, y el segundo, con plástico transparente calibre 50, cubierto con una capa de costales para provocar sombra y disminuir la temperatura interior. Los microtúneles tenían 4.0 m de longitud por 1.1 m de anchura y 1.2 m de altura en la parte central; se establecieron calles transversales a los microtúneles de 1.5 m. (Aguilera. C. A, Cázares. C. LI, Hernández. M. S, Márquez. L. E. C, 2015).

La estructura del microtúnel se hizo con varilla de 3/8" en forma de U invertida de 3.5 m de longitud, y se enterraron 25 cm en cada extremo. Las varillas se cubrieron con poliducto de color anaranjado (1/2" calibre) y se espaciaron cada 2.0 m entre ellas a lo largo del microtúnel. Para sostener la cubierta se colocaron cinco hilos de alambre recocido, uno a cada 40 cm a lo largo de la varilla y cuatro hilos de rafia entre los de alambre recocido, los cuales se sujetaron a estacas ubicadas a los extremos del microtúnel. La cubierta se sujetó con hilos de rafia a la estructura. (Aguilera. C. A, Cázares. C. LI, Hernández. M. S, Márquez. L. E. C, 2015).

El laboratorio de Fisiología de Insectos del Instituto de Fitosanidad del C.P. proporcionó el pie de cría y sólo se emplearon hembras en oviposición. Se introdujeron 10 hembras en oviposición, con un peso promedio de 0.5 g de cochinilla por nido, en bolsitas de tela de tul (3 x3 cm). Para la infestación se fijó un nido por penca con espinas de nopal. Se realizó una infestación artificial (agosto de 2001) y dos naturales (una en diciembre de 2001 y otra en abril de 2002). (Aguilera. C. A, Cázares. C. LI, Hernández. M. S, Márquez. L. E. C, 2015).

Los enemigos naturales (depredadores y parasitoides) y competidores (otras especies de *Dactylopius*), se registraron mediante muestreos mensuales, en tres plantas por cada sistema de producción, para contar los individuos identificados mediante las claves de DeLotto (1974), Gordon (1985), Vockeroth y Thompson (1987) y Borro *ret al.* (1989). (Aguilera. C. A, Cázares. C. LI, Hernández. M. S, Márquez. L. E. C, 2015).

La temperatura y la humedad relativa se registraron con higrómetrografos de cuerda (Roosbach) que midieron semanalmente la oscilación de estas variables dentro de los microtúneles. Para el registro y comparación de las oscilaciones de estas dos variables en el exterior, se tomaron datos del mismo periodo procedentes de la estación meteorológica automática Campbell Scientific CR-10, del C.P. en Montecillo. (Aguilera. C. A, Cázares. C. LI, Hernández. M. S, Márquez. L. E. C, 2015).

La cosecha, 15 d después de iniciada la oviposición, consistió en desprender a las hembras de las pencas, usando pinzas elaboradas con flejes doblados, para que cayeran sobre un plástico en el suelo. Las cochinillas se mataron al ponerlas en charolas de unicel, en un congelador a 4 °C durante 24 h. Las charolas se secaron a temperatura ambiente, bajo sombra, durante 25 d. (Aguilera. C. A, Cázares. C. LI, Hernández. M. S, Márquez. L. E. C, 2015).

Los insectos secos fueron sacudidos en tamices con aberturas de 2.0, 1.0 y 0.2 mm de diámetro, para clasificarlos en cochinillas de primera, segunda y tercera calidad. (Aguilera. C. A, Cázares. C. LI, Hernández. M. S, Márquez. L. E. C, 2015).

Para el análisis químico de las muestras se empleó el método propuesto por Mora (1996) 5 y modificado por Briseño (2001)6. El material seco se preparó para el análisis químico usando un sistema de extracción Soxhlet, las muestras (2 g) se pusieron en contacto constante con tolueno durante 1 h, para extraer las grasas y ceras del cuerpo de los insectos. Una vez desengrasado y seco, el material se trituró a partículas finas. (Aguilera. C. A, Cázares. C. LI, Hernández. M. S, Márquez. L. E. C, 2015).

En un vaso de precipitados se colocaron 10 mg de cochinilla en polvo, se mezclaron con 3 mL de HCl 2N y se hirvieron 10 min; se aforó a 100 mL con agua desionizada, se filtró; se desecharon los primeros 20 mL del filtrado y se utilizaron los siguientes 3 mL para leer la absorbancia de la solución en un espectrofotómetro (UV-vis Pye Unicam® modelo SP8-100) a una longitud de onda de 494 nm (espectro de máxima absorción del ácido carmínico). (Aguilera. C. A, Cázares. C. LI, Hernández. M. S, Márquez. L. E. C, 2015).

El contenido de ácido carmínico se calculó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ ácido carmínico} = (\text{Abs} \times 100) / 1.39$$

donde Abs=absorbancia de la solución final; 1.39=absorbancia de una solución de ácido carmínico puro (100 mg L⁻¹) (Aguilera. C. A, Cázares. C. LI, Hernández. M. S, Márquez. L. E. C, 2015).

Los tratamientos fueron producción a cielo abierto, producción bajo cubierta de lona de rafia verde, y producción bajo cubierta de plástico transparente, con tres repeticiones por tratamiento en tres ciclos de producción. Se utilizó un diseño completamente al azar y las medias se compararon con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). (Aguilera. C. A, Cázares. C. LI, Hernández. M. S, Márquez. L. E. C, 2015).

Los datos se procesaron usando SAS versión 6.12 (SAS, 1995). Las variables de respuesta fueron el peso fresco y seco (g) de la cochinilla por planta, registrados con una balanza de precisión OHAUS® modelo AS200 (0.01 g de aproximación), el porcentaje de ácido carmínico, duración del ciclo biológico, y clasificación de grana cochinilla seca. (Aguilera. C. A, Cázares. C. LI, Hernández. M. S, Márquez. L. E. C, 2015).

12. RECOLECCIÓN Y COSECHA

El desprendimiento de las Cochinillas de la planta y su inmediata recolección, puede realizarse durante todo el año y su época depende de la fecha de infestación. (Pérez, M. 2014).

13. TÉCNICAS DE MUERTE DE LA COCHINILLA

Se tiene en cuenta también las técnicas de muerte y secado de la cochinilla ya que está muy relacionada con la calidad del colorante a obtenerse junto al tiempo en que se coseche la misma. (Pérez, M. 2014).

13.1. POR ASFIXIA:

Para ésta técnica se utiliza Bandejas cubiertas con plástico, bolsas, cilindros de plástico debidamente cubiertos para provocar la muerte por asfixia y posteriormente se expone al sol por cuatro o cinco días para la deshidratación o secado. (Pérez, M. 2014).

13.2. AL SOL:

Es la más empleada y recomendable, previamente se debe quitar mediante fricción la cera que protege a la cochinilla mediante el uso de zarandas con malla de metal, para su posterior exposición directa al sol en mantas tendidas; este proceso dura de 3 a 4 días. (Pérez, M. 2014).

14. TÉCNICAS DE SECADO DE LA COCHINILLA

Influye en la presentación y calidad del producto. Existen dos métodos de secado: el natural y el artificial. (Pérez, M. 2014).

14.1. SECADO NATURAL:

Es el método más económico, ya que utiliza la acción de los rayos solares como medio de transferencia de calor. Consiste en extender la Cochinilla muerta y húmeda sobre bandejas de calamina pintadas de negro. Se le expone por un día al sol y luego a la sombra con buena ventilación, removiendo suavemente el producto. En uno a tres días se obtiene el producto desecado, uniforme y de color plateado. (Pérez, M. 2014).

14.2. SECADO ARTIFICIAL:

Para ello se utilizan equipos denominados secadores, con los que es posible realizar un adecuado control de las variables de secado (temperatura, velocidad del aire y altura del techo), a la vez que, del comportamiento del producto durante el secado, así como un eficiente control sanitario. El secador industrial más apropiado es el que funciona mediante aire caliente, a una temperatura de 60°C durante 8 horas (para la Cochinilla tratada sin solvente). (Pérez, M. 2014).

Tabla 2. Composición química de la cochinilla.

COMPONENTES	RANGO
Ácido Carmínico	0-10
Cenizas	6-8
Ceras	0.5-2
Agua	10-20
Sustancias Minerales	15-30
Sustancias Nitrogenadas	15-30

Recuperado de “Estudio técnico para la implementación de una planta procesadora de cochinilla para la obtención del carmín”, por “Pérez, M. 2014 (tesis de pre-grado). Pontificia Universidad Católica del Perú.

La cochinilla de primera presenta más del 20% de ácido carmínico, la de segunda entre un 10% y un 15% de ácido carmínico y la cochinilla de tercera o polvillo menos del 10% (León, 2005) Normalmente la cochinilla de primera tiene entre un 19% y 21.5% de ácido carmínico. (Pérez, M. 2014).

15. MÉTODOS PARA LA EXTRACCIÓN DEL ÁCIDO CARMÍNICO

Agreda (2009) indica los siguientes métodos:

15.1. EXTRACTO COLORANTE CON CARBONATO DE POTASIO

Equipo y reactivos:

- Agua desmineralizada
- Carbonato de potasio
- Cochinilla molida
- Alcohol etílico
- Jarabe (azúcar y agua)

Se realiza una mezcla de agua, carbonato de potasio, alcohol y cochinilla, a la cual se lleva a ebullición por 7 minutos, se deja reposar, se decanta el líquido y se filtra. A este extracto se le agrega el jarabe y se mezcla. (Agreda. M, 2009).

15.2. EXTRACTO COLORANTE CON CARBONATO DE SODIO

- Equipo y reactivos:
- Agua desmineralizada
- Carbonato de sodio
- Alcohol etílico a 80°
- Cochinilla molida

Se prepara una solución acuosa de carbonato de sodio, se le añade la cochinilla; se calienta a ebullición por 15 minutos, dejar en reposo, decantar el líquido y filtrar. Al filtrado se agrega alcohol etílico, se deja en reposo por una semana, se decanta el líquido y se filtra. (Agreda. M, 2009).

15.3. MÉTODO JAPONÉS

Equipo y reactivos:

- Agua desmineralizada
- Acido tartárico.
- Gelatina
- Cochinilla molida
- Tamiz de malla No. 20

En una autoclave a 150°C y a 16 lbf. de presión se calientan durante 10 minutos: agua desmineralizada, ácido tartárico, gelatina, cochinilla molida y tamizada con malla No. 20 y a 8% de humedad. Se deja reposar, se filtra y luego la solución obtenida se destila hasta obtener un extracto concentrado con un alto porcentaje de ácido carmínico. (Agreda. M, 2009).

15.4. MÉTODO ALEMÁN

Equipo y reactivos:

- Agua desmineralizada
- Cochinilla molida
- Solución de laqueado (agua, sulfato doble de aluminio y potasio).
- Molino de martillos

Al agua desmineralizada se agrega cochinilla y se lleva a ebullición por 8 minutos, se deja reposar, y luego se realiza la decantación del líquido y se filtra en caliente. Se adiciona la solución de laqueado, se lleva a ebullición por 8 minutos y se deja reposar por 24 horas para la sedimentación de la laca, se decanta del líquido y se filtra la laca sedimentada. Se obtiene una laca color violeta. (Agreda. M, 2009).

15.5. MÉTODO DE CARRÉ

Equipo y reactivos:

- Agua desmineralizada
- Carbonato de sodio
- Ácido cítrico
- Cochinilla molida
- Solución de laqueado (agua, sulfato doble de aluminio y potasio).
- Molino de martillo

Se pone a ebullición una mezcla de agua desmineralizada, carbonato de sodio, ácido cítrico, cochinilla molida, por 8 minutos; se deja reposar, se realiza una decantación del líquido y filtración en caliente, se agrega la solución de laqueado y se calienta a ebullición por 8 minutos se deja reposar la sedimentación de la laca, se decanta el líquido y se filtra, se obtiene una laca color rojo intenso. (Agreda. M, 2009).

15.6. MÉTODO INGLÉS

Equipo y reactivos:

- Agua desmineralizada
- Carbonato de sodio
- Cochinilla molida
- Solución de laqueado (agua, sulfato doble de aluminio y potasio).
- Gelatina

Se lleva a ebullición una mezcla de agua desmineralizada, con carbonato de sodio y cochinilla molida por 8 minutos, se deja reposar, y se realiza la decantación del líquido y la filtración, luego se agrega la solución de laqueado, se lleva a ebullición por 8 minutos y se agrega la gelatina, se deja reposar por 24 horas para lograr la sedimentación de la laca, se decanta el líquido y se filtra, se obtiene una laca color violeta. (Agreda. M, 2009).

16. COMPOSICIÓN DE COLORANTE

ÁCIDO CARMÍNICO.

El ácido carmínico es un colorante rojo-purpura, contenido en los cuerpos secos del insecto femenino de las especies *Dactylopius Coccus Costa*, o *Coccus Cacti L.*

El pigmento principal de la cochinilla es la polihidroxiantraquinona C-Glucosa llamado ácido carmínico, que como colorante está asociado a un material proteínico unido a la glucosa. (Núñez, 2004).

El ácido carmínico tiene una estructura C-Glucosa, la cual ha sido establecida como 7-D-glucopiranosil-3-5-6-8-tetrahidroxido-1-metil-9-10-dioxiantraceno-2-acido carboxílico. (Núñez, 2004).

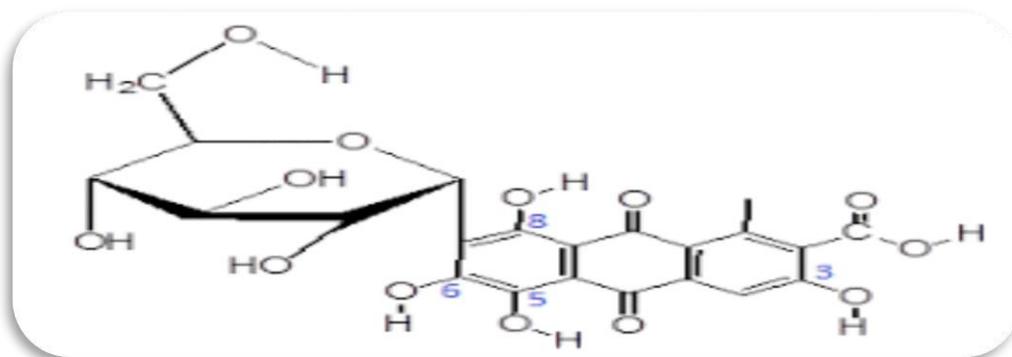


Figura 15. Estructura del ácido carmínico. (Galacia, 2014).

Esta antraquinona es muy soluble en agua y su color cambia conforme cambia el pH. En un medio ácido se obtiene una coloración naranja, y al incrementar el pH de 5 a 7 ocurre transformación de color que va desde el violeta hasta el color rojo. El ácido carmínico exhibe buena resistencia al calor, a la luz y al oxígeno. (Núñez, 2004).

El grupo carboxílico y los cuatro grupos fenólicos, las posiciones C-3, C-5, C-6 y C-8 desprotonables, contribuyen a los cambios de color y de pH. (Núñez, 2004).

17. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL ÁCIDO CAMÍNICO

- Polvo rojo oscuro brillante.
- Soluble en agua o alcohol.
- Soluble en soluciones alcalinas.
- Insoluble en éter de petróleo, benceno y cloroformo.
- Peso molecular 492, y formula $C_{22}H_{20}O_{13}$.
- Su punto de fusión es de $136^{\circ}C$.
- Se descompone a $120^{\circ}C$.
- Tiene mejor resistencia al calor y a la oxidación química, comparado con los colorantes sintéticos.
- Es un producto muy estable. No se han detectado variaciones en su contenido de ácido carmínico en productos almacenado durante 4 años. Su principal propiedad radica en su enorme poder colorante, que supera indiscutiblemente al de cualquier otro.
- No es toxico. Es completamente inofensivo. Puede ser ingerido por el organismo humano o estar en contacto prologado, sin producir el menor efecto toxico.
- Sensibilidad al pH. La colorante cochinita en disolución es relativamente sensible al pH.
- El Ácido Carmínico es un polvo pardo rojizo oscuro o rojo brillante, soluble en agua, alcohol, bases y ácidos. Su coloración en soluciones acuosas varía con los pH:

Naranja: A pH menor a 4.8

Rojo-naranja: Entre pH 4.8 a 6.2

Violeta: A pH mayor a 6.2



Figura 16. Ácido Carmínico.

18. TOXICOLOGÍA DEL COLORANTE

18.1. CARMÍN DE COCHINILLA

El carmín de cochinilla o simplemente carmín (E120) es un colorante rojo que se obtiene de las hembras desecadas del insecto *Dactylopius coccus Costa* (cochinilla). Este insecto pertenece a la familia *Dactilopiidae*, *superfamilia Coccoidea*, que está ampliamente distribuida y cuyos miembros tienen la peculiaridad de vivir en asociación o dependencia con una determinada especie vegetal, por lo que son considerados como plagas. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

El *Dactylopius coccus Costa* vive como parásito sobre cactus de los géneros *Opuntia* y *Nopalea*, especialmente *Nopalea cochenillifera*, de hábitat fundamentalmente en Sudamérica y Centroamérica. En España existen cultivos de estos insectos únicamente en las Islas Canarias. El proceso de obtención del carmín a partir de estos insectos consiste básicamente en extracción acuosa, filtrado, precipitación, secado, molido y esterilización, siendo finalmente envasado. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

El extracto de cochinilla es la solución concentrada que queda después de que se elimine el alcohol de un extracto acuoso-alcohólico de insectos de cochinilla. El carmín es un polvo hidrosoluble compuesto por ácido carmínico en un sustrato de hidróxido de aluminio. Este polvo contiene aproximadamente un 50% de ácido carmínico, sustancia que tiene un peso molecular de 492,4 Da y es el agente responsable del color, y también contiene alrededor de un 20% de material proteico proveniente de las cochinillas. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

El carmín es uno de los colorantes rojos más apreciados, especialmente antes de la introducción de los colorantes artificiales, aunque todavía se utiliza ampliamente en las industrias alimentaria, cosmética (carmín rouge) y farmacéutica. El carmín y

el extracto de cochinilla producen un color rojo rosado a magenta en los productos a los que se añade. Aunque estos colorantes se consideran generalmente inocuos para el ser humano, cada vez se describen con más frecuencia reacciones de hipersensibilidad frente a los mismos. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

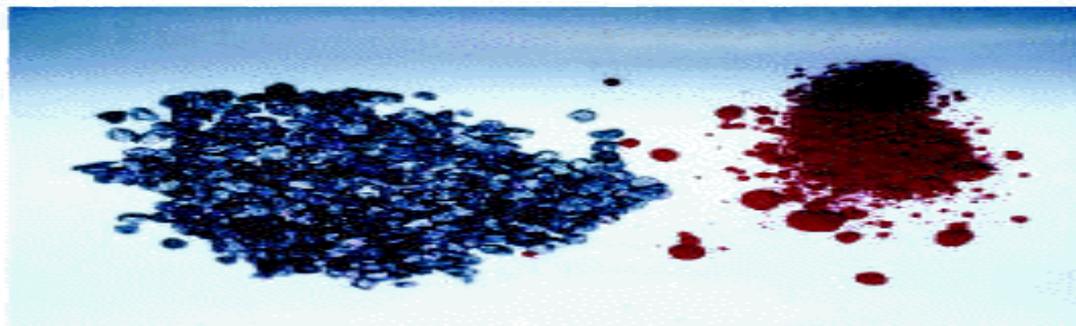


Figura 17. Cochinillas desecadas (izquierda) y carmín en polvo.

Por las excelentes propiedades tintoriales de este colorante, las cochinillas constituyeron uno de los principales objetos del comercio de Indias tras el descubrimiento de América, siendo sólo superado en valor e importancia por los metales nobles. El carmín se introdujo en Europa por los conquistadores españoles en 1519, tras descubrir su uso por los aztecas. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

Este tinte procedente del Nuevo Mundo encontró múltiples aplicaciones, incluyendo la tinción de textiles, pigmentos artísticos, alimentos y cosméticos. El colorante carmín se utiliza de varias maneras dependiendo de la coloración, solubilidad y características de estabilidad deseadas (Tabla 3). (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

Tabla 3. Utilización de colorantes carmín y cochinilla

Preparados de carmín insolubles en agua	Preparados de carmín	Extracto de cochinilla Hidrosolubles
Cosméticos	Productos cárnicos	Bebidas
Medicamentos	Embutidos	Yogures
Derivados lácteos	Helados	Helados
Bollería	Yogures	Conservas de frutas
Confituras	Conservas de frutas	Confites
	Bebidas, licores	Pudins
	Confituras, mermeladas	
	Caramelos y chicles	
	Bollería y galletas	
	Cosméticos	
	Medicamentos	

Puede utilizarse como un barniz insoluble para proporcionar el aspecto rojizo de la superficie externa del sucedáneo de carne de cangrejo (surimi) o en forma hidrosoluble en bebidas como el Campari, en zumos de frutas, productos lácteos como el yogur, helados o confituras. También puede añadirse a la bollería, a ciertos cosméticos y a productos farmacéuticos o textiles. En la Unión Europea el carmín y el extracto de cochinilla deben etiquetarse E120 e internacionalmente se conocen como colorante rojo natural nº 4. La OMS ha establecido un límite de consumo diario de 5 mg/kg/día³. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

18.1.1. ALERGIA RESPIRATORIA

La primera descripción de patología respiratoria causada por carmín corresponde a Burge y col y hace referencia a dos pacientes que desarrollaron asma ocupacional por inhalación de carmín, uno de los cuales trabajaba en una fábrica de elaboración de carmín a partir de las cochinillas, y el otro era un empleado en una fábrica de cosméticos. Ambos pacientes presentaron reacciones asmáticas duales en la provocación con carmín, pero las pruebas cutáneas y la determinación de IgE específica (RAST) a carmín y cochinilla fueron negativas, encontrándose únicamente precipitadas frente a carmín en uno de los pacientes, por lo que no pudo confirmarse un mecanismo alérgico. En ambos pacientes la provocación oral con

un extracto de cochinilla reprodujo los síntomas de broncoespasmo, y en uno de ellos provocó además dolor abdominal de tipo cólico. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

En otro estudio, efectuado en una fábrica danesa de alimentos en la que se utilizaba el carmín como aditivo alimentario, se observó que a los pocos meses de introducir este colorante algunos trabajadores empezaron a presentar síntomas compatibles con alveolitis alérgica extrínseca. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

Estos síntomas comenzaban entre 2 y 6 horas tras la exposición al polvo de carmín, remitiendo entre 12 y 36 horas tras finalizar la exposición. En tres de seis pacientes sintomáticos se encontraron precipitadas frente a una fracción de alto peso molecular del carmín, pero en estos pacientes no se realizaron pruebas de provocación bronquial. Posteriormente se ha confirmado el carmín como agente etiológico capaz de inducir asma ocupacional y alveolitis alérgica extrínseca. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

En el Hospital Virgen del Camino de Pamplona se describió inicialmente el caso de un trabajador en una fábrica de producción de colorantes que presentaba asma ocupacional por inhalación del carmín, encontrándose pruebas cutáneas en prick positivas y una respuesta dual en la provocación bronquial con este agente, aunque no se investigó la presencia de anticuerpos IgE específicos por métodos serológicos. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

Este paciente mejoró hasta quedar asintomático unos meses después de abandonar el trabajo. Posteriormente, en este mismo centro estudiamos a los 10 trabajadores de una fábrica de colorantes naturales alimentarios ubicada en Tudela (Navarra), donde se producía carmín de cochinilla, annato (colorante amarillo-naranja procedente de las semillas del árbol *Bixa orellana*) y cúrcuma (colorante amarillo-naranja que se obtiene del rizoma de *Curcuma longa* V. y se añade al curry). (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

En una visita a dicha fábrica pudimos comprobar el ambiente densamente polvoriento que se producía durante la obtención del carmín, especialmente en la fase de molido del extracto desecado y durante el envasado, lo que obligaba a los trabajadores a llevar máscaras protectoras. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

Además del paciente previamente descrito, que abandonó esta fábrica por presentar asma ocupacional, otro empleado, fumador y sin antecedentes de atopia, desarrolló síntomas de rinoconjuntivitis y asma a los pocos meses de comenzar a trabajar en la producción y envasado de colorantes, lo que relacionaba con la exposición al carmín. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

Este paciente mejoraba notablemente durante los fines de semana y en las bajas laborales hasta quedar asintomático. Los ocho trabajadores restantes no presentaban síntomas de asma. El registro seriado del PEF en el empleado con sintomatología ocupacional mostró la existencia de una variabilidad diaria en el PEF mayor del 20% los días que procesaba el carmín. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

La provocación bronquial con metacolina demostró un alto grado de hiperreactividad bronquial inespecífica. Para el estudio alergológico preparamos extractos de carmín y de cochinilla al 10% p/v en solución salina tamponada con fosfato. En este paciente obtuvimos pruebas cutáneas en prick positivas con ambos extractos. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

Tras el acoplamiento de dichos extractos a discos de papel previamente activados con bromuro de cianógeno y siguiendo la técnica RAST, se obtuvieron niveles séricos elevados de anticuerpos IgE específicos para el carmín y la cochinilla. También se detectaron en este paciente anticuerpos de las subclases IgG1, IgG3 e IgG4 frente al carmín, mediante técnica de ELISA. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

La relevancia clínica de la sensibilización a carmín se demostró mediante provocaciones bronquiales específicas, según la técnica de inhalación a volumen corriente durante 2 minutos de concentraciones crecientes, obteniéndose respuestas inmediatas con los extractos de carmín y cochinilla, pero no con el ácido carmínico. La provocación oral doble ciego hasta 100 mg de carmín resultó negativo. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

En ninguno de los trabajadores expuestos asintomáticos encontramos IgE específica, aunque todos tenían niveles elevados de IgG específica frente al carmín, lo que indicaría la capacidad inmunógena de este agente tras la exposición por vía inhalatoria, sin otra repercusión clínica. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

En un grupo de pacientes control todas estas pruebas fueron negativas. Por otro lado, ninguno de los trabajadores estudiados de esta fábrica, tanto sintomáticos como asintomáticos, tenían pruebas cutáneas positivas con los extractos de annato y cúrcuma al 10%. En el paciente con asma ocupacional se realizó incluso una provocación bronquial con annato, con resultado negativo. Por tanto, no existen indicios de sensibilización a estos colorantes en los pacientes estudiados. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

En definitiva, todo apunta a que el paciente descrito presentaba asma ocupacional por sensibilización a carmín de cochinilla y que el mecanismo inmunopatogénico implicado se trata de una reacción de hipersensibilidad mediada por anticuerpos IgE específicos. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

Seis años más tarde, al visitar de nuevo la fábrica, el personal había aumentado hasta 27 empleados y tres de ellos habían dejado el trabajo por síntomas respiratorios. (Fig. 18).

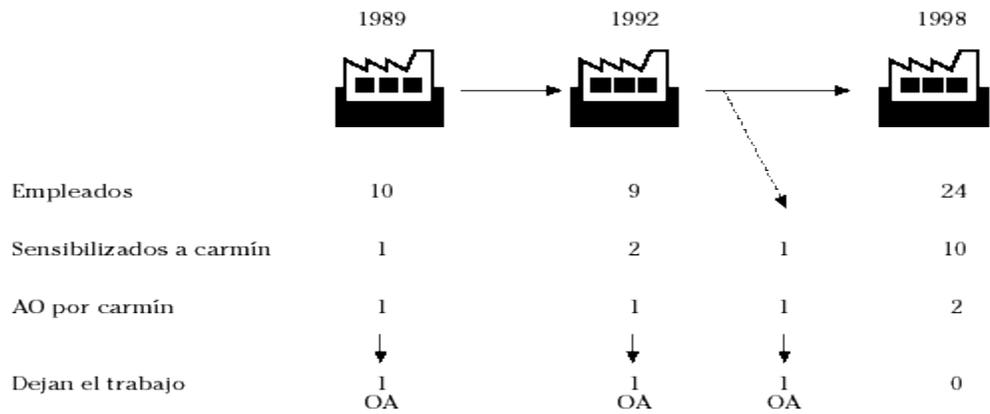


Figura 18. Esquema de la evolución de los empleados en la fábrica de colorantes.

Con el fin de evaluar la sensibilización a carmín y la existencia de asma ocupacional, realizamos un nuevo protocolo que incluyó un cuestionario de asma, test cutáneos, test de inhalación con metacolina e IgE-dot¹⁰. Ante la sospecha de asma ocupacional también realizamos provocaciones inhalativas específicas y monitorización del PEF. Participaron en el estudio los 24 trabajadores en activo y otro más que recientemente había abandonado la fábrica por asma. El estudio se realizó en tres etapas (Fig. 19). (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

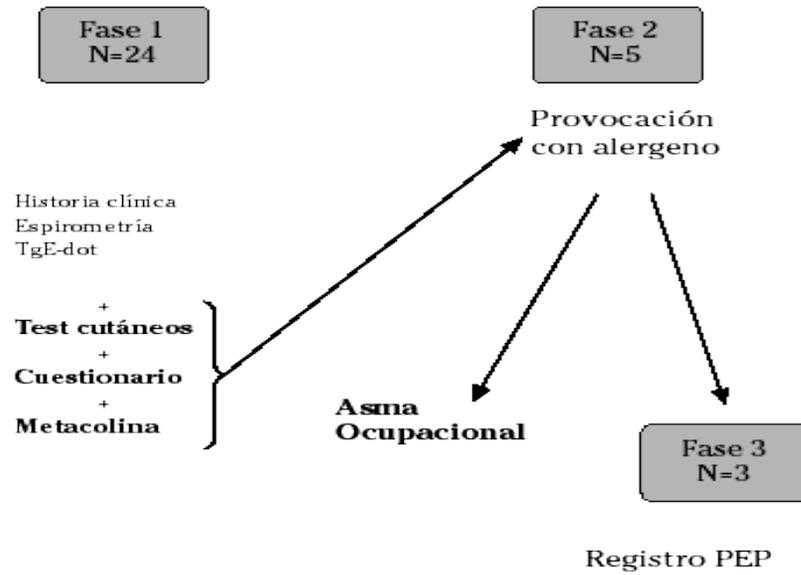


Figura 19. Protocolo de estudio de los empleados en la fábrica de colorantes.

En la primera, todos los empleados completaron el cuestionario de síntomas de asma y a todos se les realizaron tests cutáneos con inhalantes habituales y ocupacionales (carmín, cochinilla, ácido carmínico, cúrcuma, annato y clorofila), espirometría basal y test de metacolina. Se obtuvo también una muestra de sangre para IgE-dot. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

En la segunda fase, a los empleados que cumplieron dos o más de los siguientes criterios: síntomas de asma en el lugar de trabajo (cuestionario positivo), prick positivo con al menos un alérgeno ocupacional, o hiperreactividad bronquial, se les realizaron provocaciones bronquiales específicas. En la tercera etapa, los empleados que no reaccionaron a las provocaciones específicas efectuaron mediciones seriadas del PEF. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

Los test cutáneos con carmín, cochinilla y ácido carmínico fueron positivos en 6 (26%), 7 (29,2%) y 1 (4,2%) trabajadores, respectivamente, y los realizados con

cúrcuma, annato y clorofila, negativos. El análisis IgE-dot fue positivo en 4 de los 10 trabajadores con prick positivo y no se encontraron diferencias respecto a atopia y tabaco entre sujetos sensibilizados y los que no lo estaban. Uno de los trabajadores sensibilizados refería síntomas de rinitis exclusivamente. De los 5 que referían síntomas de asma en el trabajo, 2 tenían prick positivo y 4 hiperreactividad bronquial. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

Realizamos provocación específica con los tres extractos positivos en prick en los seis empleados en activo que reunían criterios y en el trabajador que recientemente había dejado la fábrica. Obtuvimos respuesta asmática inmediata en dos y tardía en otros dos empleados con carmín y cochinilla. Los tres restantes realizaron registro de PEF durante 2 semanas en periodo laboral y otras dos sin contacto con dicho medio. Ningún registro fue sugestivo de asma ocupacional. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

Por tanto, la prevalencia de sensibilización y de asma por carmín debemos situarla en 41,6 y 8,3%. Sí incluyéramos los tres trabajadores que habían abandonado la fábrica hasta la fecha, tenemos que hablar de una incidencia acumulada de 48,1 y 18,5%, cifras tan importantes como para hacer plantear la necesidad de implantar programas de prevención. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

Acero y col, han descrito un paciente de 35 años, no atópico, que, tras trabajar 4 años en un almacén de especias, comenzó a presentar rinoconjuntivitis y asma causadas por sensibilización al carmín mediada por IgE. Además, este paciente experimentó rinoconjuntivitis y broncoespasmos minutos después de ingerir un caramelo de fresa que contenía el colorante E120. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

Los síntomas de este paciente se reprodujeron tras las pruebas de provocación inhalativa y oral con extractos de cochinilla y carmín, respectivamente. Recientemente se ha descrito el asma por carmín en carniceros al elaborar

hamburguesas, salchichas o embutidos con carmín^{12,13}. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

18.1.2. ALERGIA ALIMENTARIA

Se están describiendo cada vez con mayor frecuencia casos de reacciones alérgicas (urticaria, angioedema y anafilaxia) causadas por ingestión de alimentos coloreados por carmín. En muchos de estos casos se ha demostrado un mecanismo dependiente de IgE mediante pruebas cutáneas, liberación de histamina por los basófilos, determinaciones séricas de IgE específica a carmín y más recientemente con estudios de inmunodetección de alérgenos (inmunoblot). En algún caso también se ha demostrado elevación de los niveles plasmáticos de triptasa durante las reacciones sistémicas. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

Puesto que el colorante carmín puede causar reacciones de hipersensibilidad inmediata, a veces muy graves, en concentraciones que se encuentran habitualmente en alimentos, bebidas y cosméticos, la posibilidad de alergia a este colorante debe sospecharse en pacientes que presenten urticaria recidivante, con o sin angioedema, o anafilaxia tras la ingestión o el uso de productos coloreados artificialmente. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

Beaudouin y col describieron en 1995 el primer caso de reacción anafiláctica causada por el consumo de un yogur coloreado con carmín en un paciente que tenía pruebas cutáneas positivas con un extracto de carmín y con el propio yogur. Estos autores estimaron que la cantidad de carmín ingerida por el paciente había sido de aproximadamente 1,3 mg. Posteriormente, Baldwin y col publicaron una paciente que había presentado un episodio de anafilaxia tras la ingestión de un polo helado que contenía carmín. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

Las pruebas cutáneas resultaron positivas con extracto de carmín y del polo implicado. Además, demostraron un test de transferencia pasiva o P-K positivo con esta sustancia. En 1997 Wütrich y col publicaron un estudio en 5 mujeres de 25 a 43 años de edad que habían presentado reacciones anafilácticas tras la ingestión de vermut Campari (en cuya composición se encuentra el carmín) todas ellas con pruebas cutáneas e IgE sérica (mediante RAST) positivas para carmín. Solamente una de ellas tenía RAST positivo para un conjugado de ácido carmínico con albúmina sérica humana. Uno de estos pacientes ya había sido previamente publicado. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

DiCello y col han descrito dos pacientes con episodios de urticaria, angioedema y anafilaxia tras la ingestión de productos que contenían carmín y han realizado una revisión bibliográfica sobre las reacciones adversas causadas por ingestión de carmín. En el primer caso se trata de una paciente no atópica que presentó una reacción anafiláctica tras la ingestión de yogur con sabor a fresa y plátano, en el que figuraba el carmín en la lista de ingredientes. Además, refería varios episodios urticariales previos de causa desconocida. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

También había presentado prurito y edema periorbitario pocos minutos después de aplicarse una sombra de ojos con carmín. La segunda paciente era una enfermera que tenía una historia de múltiples episodios de angioedema facial y obstrucción nasal, en algún caso con anafilaxia, minutos después de tomar diversos alimentos o bebidas, tales como sucedáneo de cangrejo y licor Campari. En este caso también había presentado angioedema de párpados y urticaria facial tras aplicarse cosméticos con carmín. Las pruebas cutáneas en prick con extracto de carmín fueron positivas en ambas pacientes. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

Recientemente Chung y col han descrito 3 mujeres de edades comprendidas entre 27 y 32 años que presentaron reacciones alérgicas (urticaria, angioedema y/o anafilaxia) por la ingestión de alimentos que contenían carmín (surimi, zumos, polos

helados). En los 3 casos las pruebas cutáneas con carmín fueron positivas y en dos casos se confirmó la alergia al carmín mediante provocaciones orales. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

18.1.2.3. IDENTIFICACIÓN DE ALÉRGENOS

Ya en los trabajos iniciales habíamos sugerido que los alérgenos implicados en la alergia al carmín eran probablemente proteínas de las cochinillas que están presentes en su producto derivado, el carmín^{7,19,20}. En 1994 realizamos estudios de RAST e inhibición del RAST con cochinilla y carmín en 10 trabajadores de una fábrica donde se producía carmín⁷. Sólo en el trabajador que tenía asma ocupacional se encontró un RAST positivo al carmín, resultando negativo el RAST frente al conjugado ácido carmínico con albúmina sérica humana. Mediante estudios de inhibición del RAST con fracciones de carmín de diverso peso molecular pudimos demostrar que los alérgenos principales tienen un peso molecular comprendido entre 10 y 30 kDa⁷. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

En un estudio reciente investigamos los alérgenos implicados en el asma ocupacional por carmín mediante inmunoblot²¹. Para ello se separaron mediante electroforesis en gel de poliacrilamida (SDS-PAGE) las proteínas de los extractos de cochinilla (calentado y sin calentar) y de carmín. A continuación, se realizó la inmunodetección de los componentes alérgénicos utilizando suero de tres trabajadores con asma ocupacional por carmín, confirmados mediante provocaciones bronquiales específicas. Se visualizaron bandas proteicas de 30, 28 y 17 kDa en el extracto de cochinilla cruda y otra banda de 50 kDa en el extracto calentado. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

En el extracto de carmín se observaron dos bandas proteicas de aproximadamente 50 y 28 kDa. Los componentes alérgénicos que se detectaron con el suero de los pacientes fueron los siguientes: 17 kDa en el extracto no calentado de cochinilla y

50 kDa en el extracto calentado de cochinilla y un alérgeno de 28 kDa en el carmín. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

En los tres casos de alergia alimentaria por ingestión de carmín descritos por Chung y col¹⁸ también se realizaron estudios de inmunodetección de alérgenos. Mediante SDS-PAGE se observaron varias bandas proteicas en el extracto de cochinilla, con pesos moleculares entre 23 y 88 kDa. Existía una gran variabilidad individual en el reconocimiento de estas bandas proteicas con suero de las pacientes. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

La primera paciente reconocía componentes alérgicos de 38 y 50 kDa en el carmín y la cochinilla, la segunda paciente reconocía un alérgeno de 23 kDa tanto en el carmín como la cochinilla y la tercera un alérgeno de 88 kDa. únicamente en el extracto de cochinilla. Por lo general se reconocían más bandas alérgicas y con mayor intensidad en el extracto de cochinilla que en el extracto de carmín. (Tabar. A.I, Acero. S, Arregui. C, Urdánoz. M, Quirce. S, 2003).

19. USOS O APLICACIONES DEL COLORANTE

19.1. USOS COSMÉTICOS

Es interesante destacar que el uso de productos de cactus como cosméticos está aún más desarrollado que sus aplicaciones medicinales. Champú, geles de baño y otros productos cosméticos son manufacturados y comercializados en varios países de América, África y Europa. (Nazareno. M. A., Ochoa. M. J., Dubeux J C. 2013).

Productos conteniendo el aceite de semillas de frutos de tuna son promocionados para la prevención del envejecimiento de la piel siendo su valor en el mercado superior al del aceite de almendras. (Nazareno. M. A., Ochoa. M. J., Dubeux J C. 2013).

Por otra parte, el pigmento rojo carmín, producido por la cochinilla, un insecto que crece sobre los cladodios de los cactus ha sido reconocido por la OMS como hipoalergénico y está ampliamente usado en agroindustrias para la elaboración de lápices labiales y rubor. (Nazareno. M. A., Ochoa. M. J., Dubeux J C. 2013).

Este pigmento extraído de cochinilla tiene como principal componente al ácido carmínico y tiene propiedades antioxidantes por lo que contribuiría a la preservación de los productos que lo contienen frente al deterioro oxidativo. (Nazareno. M. A., Ochoa. M. J., Dubeux J C. 2013).

Parte de la Planta	Componentes Bioactivos	Principal compuesto identificado	Referencia
Frutas	Betalainas	Betaxantinas (Indicaxantina) Betacianinas (Betanina, Isobetanina)	Castellanos-Santiago y Yahia, 2008
	Polifenoles	Ácido Ferúlico, glicósidos de isoramnetina	Galati et al., 2003
	Vitamina C	Ácido ascórbico	Galati et al., 2003
	Fibra		Díaz Medina et al., 2007
	Mucílago		Matsuhira et al., 2006
	Minerales	K, Ca, Mg	Díaz Medina et al., 2007
	Tocoferoles	δ-Tocoferol	Ramadan y Mörsel, 2003a
	Fitosteroles	β-sitosterol	Ramadan y Mörsel, 2003a
Piel de la Fruta	Polisacáridos	Derivados ricos en Arabinano	Habibi et al., 2004a, Habibi et al., 2004b, Habibi et al., 2005a
	Lípidos	Lípidos Insaturados	Ramadan y Mörsel, 2003b

Cladodios o paletas	Mucílago y Pectinas	Polisacáridos	Trachtenberg y Mayer, 1981, Karawya et al., 1980 Sepúlveda et al., 2007, Madjdoub et al., 2001
	Fibra Dietaria	Fibra Dietaria Insoluble	Ayadi et al., 2009
	Clorofilas	Clorofila a	Ayadi et al., 2009
	Minerales	K, Ca, Mg	Ayadi et al., 2009
	Flavonoides	Kaempherol, Glicósidos de isoramnetina	Valente et al., 2010
	Compuestos Fenólicos	Ácidos gálico, cumárico, 3,4-dihidroxibenzoico, 4-hidroxibenzoico, ferúlico, y salicílico, isoquercetina, isoramnetina-3-O-glucósido, nicotiflorina, narcisina y rutina	Guevara-Figueroa et al., 2010
Semillas	Lípidos	Lípidos Poliinsaturados (Ácido Linoleico) y Monoinsaturados (Ácido oleico)	Ennouri et al., 2005; Labuschagne y Hugo, 2010
	Fitoesteroles	β -sitosterol	Ramadan y Mörsel, 2003a
	Tocoferoles	γ -Tocoferol	Ramadan y Mörsel, 2003a
	Polisacáridos	Derivados ricos en Arabinano	Habibi et al., 2005b
Flores	Flavonoides	Quercetina, glicósidos de isoramnetina y kaemferol	Clark et al., 1980, Ahmed et al. 2005, De Leo et al., 2010
	Betalainas	betanina, filocactina	Piatelli y Imperato, 1969
Raíces	Flavonoides		Alimi et al, 2010

Tabla 4. Constituyentes bioactivos en las diferentes partes de la planta de cactus.

19.2. ALIMENTOS FUNCIONALES Y NUTRACÉUTICOS

En los últimos años ha surgido una tendencia global hacia el uso de sustancias bioactivas presentes en frutas, hortalizas, aceites y hierbas en forma de nutraceuticos y alimentos funcionales. Las preferencias de los consumidores tienen actualmente una marcada tendencia hacia los alimentos naturales y más específicamente a productos reducidos en su contenido calórico, grasas y colesterol, aunque ricos en fibras, minerales, vitaminas y antioxidantes y carentes de colorantes sintéticos. (Nazareno. M. A., Ochoa. M. J., Dubeux J C. 2013).

Los antioxidantes naturales pueden ser usados en la industria alimentaria y, además, existen evidencias de que estas sustancias pueden ejercer efectos benéficos en el organismo humano. Esta demanda condujo al concepto de alimentos funcionales, es decir, aquellos que no sólo son fuente de nutrientes sino también productos benéficos para la salud. (Nazareno. M. A., Ochoa. M. J., Dubeux J C. 2013).

Las propiedades de las especies de cactáceas se corresponden con este concepto. En forma paralela a la creciente demanda de nutraceuticos, se ha incrementado el esfuerzo para desarrollar productos naturales para la prevención y el tratamiento de enfermedades. Numerosos productos de alto valor agregado tales como alimentos saludables pueden ser elaborados a partir de la planta de cactus tales como jugos, mermeladas, dulces, caramelos, licores y jarabes. (Nazareno. M. A., Ochoa. M. J., Dubeux J C. 2013).

Una gran variedad de alimentos funcionales, nutraceuticos y cosméticos elaborados con materias primas relacionadas a las cactáceas están actualmente disponibles en el mercado global. El gran número de nutrientes potencialmente activos y sus propiedades multifuncionales hacen de los frutos y cladodios de los cactus, perfectos candidatos para la elaboración de alimentos saludables y de suplementos dietarios. (Nazareno. M. A., Ochoa. M. J., Dubeux J C. 2013).

Algunos constituyentes pueden ser extraídos y usados industrialmente como aditivos en la preparación de alimentos o en los sectores cosméticos y

farmacéuticos. Las pectinas presentes en la fruta pueden ser usadas como aditivos alimentarios o cosmético como agente gelificante y más aun considerando su bajo nivel calórico. (Nazareno. M. A., Ochoa. M. J., Dubeux J C. 2013).

Los mucílagos, polisacáridos complejos, poseen una alta capacidad para retener agua y por lo tanto pueden servir como agentes espesantes o emulsificantes para formar coloides viscosos o gelatinosos. (Nazareno. M. A., Ochoa. M. J., Dubeux J C. 2013).

También se ha demostrado el uso de los pigmentos extraídos de las cactáceas, las betalainas, como colorantes alimentarios de origen natural que puede reemplazar a los sintéticos, de cuestionada inocuidad. Por su parte, las fibras poseen reconocidas propiedades saludables tales como control de obesidad, diabetes y colesterol. (Nazareno. M. A., Ochoa. M. J., Dubeux J C. 2013).

Las fibras solubles que incluyen mucílagos, gomas, pectinas y hemicelulosas, ha sido asociadas a la reducción del nivel de glucosa y colesterol en sangre y regularizar el tránsito intestinal. Es por lo antes mencionado que las cactáceas pueden considerarse cultivos multipropósito ya que ofrecen la posibilidad de aprovechar y beneficiarse en forma integral de las distintas partes de planta. (Nazareno. M. A., Ochoa. M. J., Dubeux J C. 2013).

En efecto, esta planta es capaz de proveer no solo alimento fresco sino también productos elaborados manteniendo sus propiedades funcionales y medicinales. Las cactáceas representan una fuente promisoría de materias primas necesarias para las industrias alimentaria, cosmética y farmacéutica. (Nazareno. M. A., Ochoa. M. J., Dubeux J C. 2013).

19.3. INDUSTRIA FARMACÉUTICA

Carmin en polvo o solución empleado en la preparación de grageas y tabletas. En solución alcalina se emplea en pasta dentífrica, enjuagues bucales, etc. (Bristhar Laboratorios, s,f).

19.4. INDUSTRIA TEXTIL

Empleado en el teñido de telas para prendas de vestir incluso para alfombras, entre otros. (Bristhar Laboratorios, s,f).

20. PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN EN MÉXICO

Se han empleado principalmente dos formas de cría de grana cochinilla, la primera en planta establecida, utilizada por algunos campesinos a un nivel familiar, y la segunda en cladodio (penca) cortado para proteger al insecto en cobertizos. Tradicionalmente, dependiendo de la época estacional, los cobertizos se elaboraban con materiales como: carrizo, petates de palma, cubiertas de zacatillo y hojas de plátano y palma (Alzate y Ramírez, 1777).

En la actualidad la forma de cría de este insecto se ha diversificado con el uso de nuevos materiales como lo son los plásticos y mallas. Los principales factores a considerar son la disponibilidad del insecto vivo, la factibilidad de transporte con las debidas precauciones, la eficiencia del método de infestación y la planta hospedera adecuada, pero siempre de acuerdo al clima, temperatura, presencia de depredadores, disponibilidad del hospedero y otros factores abióticos propios de cada región. Recientemente la forma más utilizada para producir grana cochinilla es llevarla en invernaderos de 1,356 m² con capacidad de 432,000 pencas. (Escalante, 2010).

Las formas de llevar a cabo la cosecha de la grana cochinilla son muy diversas, pero las bases son las mismas, implica separarlo de la planta hospedera, ya sea en directo de la planta o a partir de pencas separadas del nopal. En cualquier caso, la idea es no aplastar al insecto con los instrumentos de cosecha (cucharas, cepillos,

raspadores, etcétera), lo cual está en función de las formas de realizar la cría del insecto y de las características fenotípicas de las plantas hospederas. Por manejo post-cosecha se entiende la forma de matar y secar al insecto después de ser desprendido del hospedero; presenta tres etapas: sacrificio, secado o deshidratado y clasificación. (Portillo y Viguera, 2013).

Los precios promedio anuales de la grana cochinilla seca entre 1975 y 1979 estuvieron entre \$18.80 y \$21.20 dólares por kg. En los años de 1981 y 1982 ante una mayor oferta los precios declinaron a \$9.80 y \$9.40 dólares respectivamente. A partir de 1983 los precios se incrementaron en un 67% con respecto a 1982. Ante la gran demanda de importadores y de productores de carmín, debido a la posibilidad de un buen mercado, los precios se incrementaron en 1984 y llegaron a un nivel máximo en 1985 de \$120.00 dólares por kg, para después descender hasta \$45.00 y \$17.00 dólares por la baja en la demanda. El carmín se cotizó en esas mismas fechas entre \$457.93 y \$453.55 dólares americanos por kg y a finales de 1985 descendió a \$312.95 dólares el kg. (Portillo y Viguera, 2013).

En 1989 la grana cochinilla mantuvo su precio entre \$25.00 y \$30.00 dólares por kg, con rangos de hasta \$35.00 dólares e inclusive mayores para la grana cochinilla de primera calidad. En 1990 se cotizó en \$34.00 dólares por kg; 1989 fue un buen año para el carmín donde alcanzó un precio que estuvo entre \$160.00 y \$187.00 por kg (con contenido de ácido carmínico de 52% a 55%), en relación a los colorantes sintéticos que se cotizaron entre \$88.00 y \$100.00 dólares por kg. (Portillo y Viguera, 2013).

En septiembre de 1997 la grana cochinilla osciló entre \$ 45.00 y \$ 90.00 dólares por kg, entre 1998 y 1999 la fluctuación de los precios estuvo entre \$ 35.00 y \$ 21.00 dólares y para el 2003 al 2008 se cotizó entre \$ 12.00 y \$ 15.00 dólares. En los años siguientes tuvo de nuevo un incremento por arriba de los \$80.00 dólares por kg, pero actualmente fluctúa entre los \$19.00 y \$40.00 dólares; además la tendencia es valorar los productos de la grana cochinilla por su contenido porcentual de ácido carmínico. (Portillo y Viguera, 2013).

21. CONCLUSIÓN

La cochinilla (*Dactylopius coccus costa*), si bien es una especie con muchos cuidados para su desarrollo y producción se ha convertido en una de gran importancia para el desarrollo de las diferentes industrias y sectores que se han encargado de producirla con el fin de obtener el colorante rojo carmín.

La presente documentación informo los diferentes usos de los componentes del colorante obtenido y de la misma manera redacto parte de la historia de la cochinilla (*Dactylopius coccus costa*), de igual manera se documentó el gran valor y crecimiento económico que ha tenido la producción de colorante, el cual ha tenido una gran cantidad de ingresos económicos al año y así mismo nos informa de cómo es que día a día es más el número de pobladores e industrias las que se dedican a dar uso y desarrollo de la cochinilla.

Se realiza un informe de las diferentes características ya sean físicas o químicas del colorante, así como informar de su toxicología para tener presente las ventajas y desventajas con las que cuenta el colorante rojo carmín extraído de la cochinilla (*Dactylopius coccus costa*). De esta manera cumpliendo con el objetivo propuesto al inicio de nuestra investigación.

22. PERSPECTIVAS

- Promover la información cultural sobre la importancia de la cochinilla (*Dactylopius coccus costa*).
- Incrementar el cultivo en la agricultura del país.
- Promover la producción del colorante para la industria textil, alimentaria y farmacéutica.
- Fomentar la investigación de los usos y toxicología del colorante para fines industriales.

23. GLOSARIO

Abiótico: Es un término que se utiliza en las ciencias **biológicas y químicas**, su Etimología la componen dos palabras, “**A**” que significa “**Sin**” y “**Biótico**” que quiere decir “**Vida**”, por lo tanto, el término Abiótico quiere decir “**Sin Vida**”.

Absorbancia: La transmitancia óptica puede definirse como la porción de la luz incidente que logra atravesar una muestra, manteniendo una longitud de onda determinada, y se expresa por medio de la ecuación intensidad de luz de la muestra sobre intensidad del rayo que incide.

Alérgenos: Es un agente que, cuando ingresa a un organismo, lo deja en una situación vulnerable al desarrollo de los fenómenos vinculados a una alergia.

Anilina: f. QUÍM. Líquido tóxico artificial que se obtiene por reducción del nitrobenzeno y que se emplea, sobre todo, como colorante: la anilina es la amina aromática más sencilla.

Ápteras: (insecto) que carece de alas.

Biótico: Los factores Bióticos que forman parte de un ecosistema son la fauna y la flora.

Cactáceas: Familia de plantas dicotiledóneas de tallos carnosos casi esféricos o aplanados, adaptados para la acumulación de agua, hojas transformadas en espinas, flores grandes y olorosas, de colores vistosos, colocadas en la axila de un grupo de espinas y fruto carnoso y de color vivo.

Cactus: Planta natural de México de tallo grueso y con espinas.

Cochinilla: f. Nombre común de varias especies de insectos, del orden homópteros de la familia coccidos.

Cepa: s. f. Parte del tronco de un árbol o planta que está bajo tierra y unido a las raíces.

Cópula: f. Acto sexual entre un macho y una hembra.

Cladodios: Tallo comprimido y de forma laminar que sustituye a las hojas en sus funciones clorofílicas (fotosíntesis).

Dimorfismo: Fenómeno por el cual en una misma especie animal o vegetal aparecen dos formas diferentes de individuos.

Entomófagos: Organismo que se alimenta de insectos o insectívoro.

Estilete: s. m. Puñal de hoja estrecha y aguda.

Grana: Insecto hemíptero que vive en la coscoja.

Glabras: *adj.* Que no tiene pelo *estructura vegetal glabra.*

Hemicelulosa: Polisacárido compuesto de diversos tipos de monosacáridos, que forman parte de la membrana de las células vegetales.

Inocua: *adj.* Que no es nocivo o perjudicial.

KDA: kD es una abreviatura común del kiloDalton (el símbolo correcto es **kDa**); es el símbolo de la constante de disociación.

Laca: Sustancia resinosa, formada en las ramas de distintos árboles de Asia meridional con la exudación producida por las picaduras de ciertos insectos, que se emplea en la fabricación de barnices y colorantes.

Metamorfosis hemimetábola: *adj.* ZOOL. Díc. Del insecto que presenta una metamorfosis sencilla. Sus larvas presentan morfología muy similar a la de los individuos adultos.

Metamorfosis holometábola: Se aplica al insecto que tiene metamorfosis completa, con un estadio pupal.

Mucilagos: Es una sustancia vegetal viscosa, coagulable al alcohol.

Ninfas: Estado transitorio entre la larva y la última transformación o imago, que presentan algunos insectos demetamorfosis completa la ninfa está recubierta a veces por un capullo de seda.

Nutraceuticos: Es una composición de las palabras "nutrición" y "farmacéutico", acuñada en 1989 por Stephen L. De Felice, fundador y presidente de Foundation of Innovation Medicine.

Oviposite: También llamado oviscapto u ovopositor, es un órgano usado por las hembras de muchos insectos para depositar huevos.

OMS: Es la sigla de la Organización Mundial de la Salud, una entidad de la Organización de las Naciones Unidas (cuya sigla, por su parte, es ONU).

Pencas: Hoja carnosa o tallo en forma de hoja carnosa de algunas plantas, en especial hortalizas, o parte de ella que presenta esta característica.

Pupa: Crisálida de mariposa.

Pectinas: Son un tipo de heteropolisacáridos. Una mezcla de polímeros ácidos y neutros muy ramificados.

RAST: Es una prueba de laboratorio que se realiza en la sangre. Esta prueba verifica la cantidad de anticuerpos IgE específicos en la sangre, los cuales están presentes si hay una reacción alérgica "verdadera".

Sésiles: adj. Se aplica al organismo vegetal que no tiene pedúnculo y está inserto directamente al tallo o alarama.

Savia: Líquido que circula por los vasos conductores de las plantas y que está formado por agua y compuestos nutrientes.

Sericina: Sustantivo femenino (f.) Botánica (Bot.) Proteína de apariencia gelatinosa que constituye la envoltura exterior de los hilos de seda bruta.

Soxhlet: Es un aparato de extracción continua para materias sólidas.

Sucedáneo: adj./ s. m. Se refiere a la sustancia que reemplaza a otra por tener propiedades parecidas.

Tapexco: Catre construido con varas y carrizos.

24. REFERENCIAS

- Aguilera. C. A, Cázares. C. II, Hernández. M. S, Márquez. I. E. C. (2015). Producción de grana-cochinilla (*Dactylopius coccus costa*) en plantas de nopal a la intemperie y en microtúneles. Reoalyc. Estado de México. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/html/302/30239204/>
- Agreda. R. M. A. (2009). "Evaluación de seis métodos para la extracción de ácido carmínico obtenida a partir de cochinilla (*Dactylopius coccus costa*) según condiciones de laboratorio de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala". Guatemala. Recuperado de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2467.pdf.
- Aquino, P, G. (s.f.). Producción de grana cochinilla. Colegio de Postgraduados, Edo. De México. Recuperado de <http://www.sagarpa.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Producci%C3%B3n%20de%20Grana%20Cochinilla.pdf>.
- Abaran, M. (s.f.). ilustración de la grana cochinilla. (Figura). Recuperado de <http://abaran.es/noticiadetalle-513>.
- Admin. (2018). Colorante E-120. Cochinilla o ácido carmínico. (Figura). Recuperado de <http://www.nutropedia.es/colorante-e-120-cochinilla-acido-carminico/>
- Alzate y Ramírez J. (2009). Cría de grana o cochinilla --*Dactylopius coccus*-. *oocities* Recuperado de: <http://www.oocities.org/granacochinilla/criadegranaacochinilla.html>.

Dahlgren, B., De Jordán, B.D. (1990). La Grana cochinilla. Recuperado de https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=HRn3spGHE40C&oi=fnd&pg=PA9&ots=Nd_yzAiCha&sig=5RRaUOmefH5nMkcfXwFXVaLb0#v=onepage&q&f=false.

Dubeux J. C. Nazareno. M. A., Ochoa. M. J. (2013). Actas de la Segunda Reunión para el Aprovechamiento Integral de la Tuna y otras Cactáceas y I Reunión Sudamericana. Cactusnet newsletter. Recuperado de: file:///C:/Users/hgg_h/Desktop/Issue13January2013.pdf

Galicia, M. (2014). Estructura química del ácido carmínico. (Figura). Recuperado de: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/17146/1/25-1-16690.pdf>.

Hernández, H, F. García, G, F. Del Río, D, I. Lanz, M, H. (2005). La cochinilla fina del nopal, colorante mexicano para el mundo. Ciencia. Recuperado de: file:///C:/Users/hgg_h/Desktop/cochinilla.pdf.

Nazareno, M. (2004). Cactus como fuente de sustancias promotoras de la salud. Cactusnetwork. Recuperado de: <http://www.cactusnetwork.org/wp-content/uploads/2016/12/Issue13January2013.pdf#page=86>.

Portillo, L., Vigueras, A. L. (2011). Cría de la grana cochinilla del nopal. Cactus network. Recuperado de: <http://www.cactusnetwork.org/wp-content/uploads/2016/12/Issue13January2013.pdf#page=86>

Tabar, A.L, Acero S, Arregui, Urdanoz M, Quirze S. (2003). Asma y Alergia por el colorante carmín. Scielo. Recuperado de: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272003000400009.

(S.a.). (2018). Mapa de la república mexicana. (Figura). Recuperado de: <https://www.mexicodesconocido.com.mx/mapa-de-mexico.html>.

Urban. L. S. T. O. (2016). Caracterización de los componentes químicos de la grana cochinilla. Ciudad de México. Recuperado de: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/25561/URB%C3%81N%20L%C3%93PEZ%20SINUH%C3%89%20TAFAREL%20OSIRIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>