



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**Obtención de Rojo Carmín (Ácido Carmínico) a Partir
de la Cochinilla (*Dactylopius coccus*) y su Uso en la
Industria Alimentaria**

Trabajo Escrito Vía Cursos de Educación Continua

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICA DE ALIMENTOS**

PRESENTA:

Cázares Alvarez Paulina



MÉXICO, D.F. septiembre del 2012



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: M. EN C. LUCIA CORNEJO BARRERA
VOCAL: M. EN C. ARGELIA SÁNCHEZ CHINCHILLAS
SECRETARIO: Q.F.B. RODOLFO FONSECA LARIOS
1ER. SUPLENTE: DR. JAVIER SANTIAGO FLORES
2° SUPLENTE: I.Q. JORGE RAFAEL MARTÍNEZ PENICHE

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

FACULTAD DE QUÍMICA, EDIFICIO D

ASESOR DEL TEMA:

Q.F.B. RODOLFO FONSECA LARIOS

SUSTENTANTE:

PAULINA CÁZARES ALVAREZ

Agradecimientos

A mis padres Norma y Manuel con gran admiración les doy el mayor agradecimiento por ser mi inspiración, por su apoyo incondicional, su comprensión, por creer en mí, por hacerme una persona de bien y darme la mejor herencia, una carrera profesional. Gracias!

Mamá Gracias por tú cariño, por enseñarme a ser fuerte, por estar en los momentos que más te he necesitado, por ser mi amiga, sobre todo ser buena madre y haberme guiado en el camino correcto. Te amo!

Papá por todo lo que me has enseñado que uno puede llegar a ser, con tenacidad, persistencia y esfuerzo, te hacen el hombre que más admiro en la vida. Gracias por todo el cariño que me brindas, por ser el mejor amigo y sobre todo el mejor padre. Te amo!

A mis abuelos Bety, Toyita, Cristy y José gracias por su apoyo, su cariño y por sus enseñanzas que me han regalado a través de su experiencia.

A mis tíos Mony y Carlos, les agradezco el haberme guiado con sus consejos, en especial en mi camino profesional, siendo un gran apoyo para mí, por su cariño y por ser como unos segundos padres.

A Jessy y Richard Gracias por ser parte de mi vida cómo familia y amigos, por todo el apoyo que me brindan en todo momento y por el cariño tan especial que me hacen sentir.

A todos mis tíos, Edgar, Javier, José, Felipe, Ángel, Alejandro, Miguel y Luisa gracias por creer en mí, por su cariño y apoyo que me han brindado.

A mis hermanos Ari, Arita y Carlos que han estado en los mejores y también en los más difíciles momentos, les agradezco infinitamente que sean parte de mi vida. Gracias por todo el apoyo incondicional y por ser mis cómplices en este camino y por su cariño tan grande. Nos faltan muchas aventuras que compartir juntos.

A todos mis primos Cázares gracias por su cariño y apoyo.

Jean Carlo Fraga Gracias por estar en mi camino como compañero, cómplice, equipo, amigo, por el apoyo incondicional y por el gran cariño que me brindas.

A mis mejores amigos Marla, Tany, Dianita, Ara Arroyo, Dany Zarza, Cariño, Beto, Octavio y Juanjo, Gracias por el apoyo incondicional que me han brindados, por todos los buenos momentos que hemos compartid y darme fortaleza en los más difíciles, por su extraordinaria amistad y por hacerme saber que hay personas que siempre van a ser parte de vida.

A todos mis amigos que aportaron un granito de arena para que hoy sea lo que soy, les doy las Gracias a Laura Santiago, Erick Diaz, Rodrigo Kiesslich, Piffs, Memo, Myrna, Wishu, Esteban, Fer Álvarez, Opi, Maya y Bruno.

A mis profesores Rodolfo Fonseca, Argelia Sánchez y Lucy Cornejo, Gracias por sus enseñanzas durante mi carrera profesional, por la calidad de personas que son demostrando que somos más que simples alumnos para ustedes, por el apoyo y por hacer posible este trabajo tan importante para mí.

1. Introducción.....	1
2. Objetivos General.....	3
3. Objetivos Particulares.....	3
4. Desarrollo del Tema.....	4
4.1 Los Colorantes en Alimentos.....	4
4.2 Colorantes Artificiales.....	9
4.2.1 Rojo Allura.....	10
4.3 Colorantes Naturales.....	14
4.3.1 Ácido Carmínico.....	15
4.3.1.1 Características Físico-Químicas del Ácido Carmínico.....	16
4.4 La Producción.....	18
4.4.1 Historia.....	19
4.4.2 <i>Dactylopius coccus Costa</i> o cochinilla fina del nopal.....	20
4.4.3 Producción de Grana Cochinilla.....	23
4.4.4 Recolección de la cochinilla.....	33
4.4.5 Post-tratamiento de Grana Cochinilla.....	34
4.4.5.1 Secado.....	34
4.4.5.2 Molienda.....	35
4.4.5.3 Almacenamiento.....	35
4.5 Métodos de Obtención del Rojo Carmín.....	36
4.5.1 Métodos para la obtención de extracto alcohólico.....	37
4.5.1.1 Extracto colorante con carbonato de potasio.....	37
4.5.2 Métodos de extracción de ácido carmínico en cristales...37	
4.5.2.1 Método Alemán.....	38
4.5.2.2 Método de Carré.....	38
4.6 Comercialización.....	39
4.7 Tendencias del Ácido Carmínico.....	45
5. Discusión.....	47
6. Conclusiones.....	51
7. Bibliografía.....	52

1. Introducción

La primera sensación percibida en un alimento, que incluso influye directamente sobre el sabor y el aroma, es el color. Los alimentos naturales poseen su propio color, el cual varía por su composición, la estabilidad de la materia prima y los procesos tecnológicos empleados en su fabricación (luz, pH, temperatura), que provocan que el color pueda cambiar durante la producción o bien que las sustancias colorantes naturales o pigmentos terminen por destruirse. Es entonces cuando el color esperado por el consumidor, se debe obtener de forma artificial.

En sentido estricto, solo sería natural el color que un alimento tiene por sí mismo. El que se incorpora se obtiene de materiales biológicos no alimentarios (por ejemplo, plantas o insectos) o bien se forman al calentar un alimento, como el caramelo. Los colorantes naturales son considerados, en general, como inocuos y las limitaciones específicas en su utilización son menores que las que afectan a los colorantes de síntesis.

Desde los años 70's y 80's, la presencia de colores artificiales en los alimentos ha generado controversia. A inicios de la década de 1970, la prohibición de algunos colorantes artificiales incrementó la demanda del ácido carmínico, permitido por la mayoría de las legislaciones alimentarias en diversos países. Este pigmento es una interesante alternativa como colorante rojo natural en relación a los colorantes sintéticos, por lo que se generó una gran demanda de colorantes naturales.

Debido a esta demanda, Perú ha sextuplicado su producción en los últimos 23 años hasta llegar a producir 650 t por año, que junto con la producción de las Islas Canarias, Chile, Bolivia y Ecuador hacen un

total de 850 t por año aunque la demanda mundial es casi el doble de esa cantidad (Aldama-Aguilera et al., 2005).

Este repunte de la demanda del ácido carmínico no modificó la situación en México, donde actualmente los principales estados productores de Oaxaca, Jalisco, San Luis Potosí, Zacatecas, Puebla, Edo. de México, Hidalgo y Morelos dedican algunas parcelas para la producción de grana cochinilla, en pequeña escala, a nivel doméstico y con fines principalmente artesanales (Hernández-Hernández F. de la C et al. 2005). La cría de la cochinilla es sencilla y segura para la producción de ácido carmínico, puede representar una fuente importante de recursos alternativos para las familias campesinas de bajos recursos.

México cuenta con las condiciones adecuadas para el impulso de la producción de grana cochinilla en varias regiones del país con 78.3% de zonas áridas, semi-áridas y subhúmedas, condiciones perfectas para el cultivo del nopal y por lo tanto de la cochinilla. Las entidades son: Oaxaca, Tamaulipas, Yucatán, Veracruz, Chiapas, Nuevo León, Estado de México, Coahuila, San Luis Potosí y Michoacán.

En México se está haciendo un cultivo extensivo e intensivo por medio de invernaderos y con posibilidades en regiones consideradas en pobreza extrema con ventajas de condiciones geográficas semiáridas y sub-húmedas de la República para la producción del insecto, de este modo sería posible explotar al máximo un recurso natural, dando empleos a muchas familias de dichos estados e incrementando la producción y exportación del mismo por empresas mexicanas.

2. Objetivo General

El presente trabajo tiene como objetivo dar a conocer la importancia económica del cultivo de la Grana Cochinilla en México para impulsar su cultivo en regiones consideradas en pobreza extrema con ventajas de condiciones geográficas semiáridas y sub-húmedas de la República.

3. Objetivos Particulares

- Analizar la importancia de sustituir los colorantes artificiales por colorantes naturales en alimentos.
- Revisar en la literatura distintos métodos para la obtención de la Grana Cochinilla y seleccionar el más adecuado de acuerdo a su rendimiento.
- Consultar la rentabilidad económica de la producción y comercialización del ácido carmínico a nivel nacional.
- Analizar el Mercado Internacional del ácido carmínico para potenciar su industrialización.

4. Desarrollo del Tema

4.1 Los Colorantes en Alimentos

Un aditivo alimentario, de acuerdo a Norma General del Codex para los Aditivos Alimentarios es cualquier sustancia que en cuanto tal no se consume normalmente como alimento, ni tampoco se usa como ingrediente básico en alimentos, tenga o no valor nutritivo, y cuya adición intencionada al alimento con fines tecnológicos (incluidos los organolépticos) en sus fases de fabricación, elaboración, preparación, tratamiento, envasado, empaquetado, transporte o almacenamiento, resulte o pueda preverse razonablemente que resulte (directa o indirectamente) por sí o sus subproductos, en un componente del alimento o un elemento que afecte a sus características.

Un colorante, de acuerdo con la FDA (1995), es cualquier colorante, pigmento u otra sustancia obtenida por síntesis o artificio similar, o extraída, aislada o derivada, con o sin intermediarios del cambio final de identidad, a partir de un vegetal, animal, mineral u otra fuente y que cuando es añadida o aplicada a los alimentos, medicamentos o cosméticos, al cuerpo humano o cualquier parte, por sí misma es capaz (sola o a través de una reacción con otra sustancia) de impartir color.

De acuerdo a la Secretaria de Salud un colorante es el aditivo que tiene la propiedad de impartir color al medio que lo contiene por la solubilidad que tenga en el mismo, ya sea un medio hidrofílico o lipofílico o a otro material o mezcla, elaborado por un proceso de síntesis o similar, por extracción o por separación, obtenido de una fuente animal, vegetal o mineral y que, posteriormente, ha sido sometido a pruebas fehacientes de seguridad que permiten su uso en alimentos, productos farmacéuticos y cosméticos en alguna parte de ellos y que directamente o a través de su reacción con otras

sustancias, es capaz de impartir el color que le caracteriza (Frenk-Mora 2006).

El Real Decreto 2001/1995 de 7 de Diciembre de 1996, de la Directiva 94/36/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de España, se entiende por colorantes alimentarios:

- a) Aquellas sustancias que añaden o devuelven color a un alimento e incluyen componentes naturales de sustancias alimenticias y otras fuentes naturales que no son normalmente consumidos como alimentos por sí mismos y no son habitualmente utilizados como ingredientes característicos en la alimentación.
- b) Los preparados obtenidos a partir de los alimentos y otras materias naturales obtenidas mediante extracción física o química que ocasione una selección de los pigmentos que se usan como componentes nutritivos o aromáticos.

Los alimentos naturales tienen su propio color, lo ideal sería que se lo mantuvieran a lo largo del proceso de transformación industrial, pero la mayoría de las veces no es así. Sin embargo, los consumidores prefieren en determinados alimentos un color constante, que no varíe en los diferentes lotes de fabricación de un producto y esto sólo puede obtenerse modificándolo de forma artificial (Cubero et al., 2002).

Los colorantes tienen un uso limitado, no deben emplearse de una manera arbitraria, sino que la cantidad en cada alimento debe atender a la corrección de la pérdida de color producida por alguno de los siguientes problemas que se pueden plantear durante el proceso de fabricación o almacenamiento de un alimento (García-Gutiérrez, 2008):

- Pérdida de color por tratamientos tecnológicos del proceso: tratamientos térmicos, pelados, desecaciones.

- Variaciones físico-químicas: cambios de luz, pH, potencial redox.
- Efectos bioquímicos: microorganismos y sus metabolitos, obscurecimiento enzimático y no enzimático.

Todos estos cambios hacen que el producto sea menos atractivo para el consumidor y que lleve a utilizar colorantes como aditivos y así conseguir los diferentes efectos:

- Reforzar los colores presentes en el alimento, pero menos intensos de los que el consumidor espera a causa de los cambios anteriormente descritos.
- Conseguir uniformidad de color en el alimento, logrando así una homogeneidad estable en el mercado.
- Hacer más apetecibles los alimentos, asociar sabores y colores.
- Impartir color a los alimentos elaborados, color de fantasía (helados, caramelos, pasteles, dulces, etc.).
- Facilitar un efecto pantalla para ayudar a la protección del aroma y de las vitaminas sensibles a la luz.

Por lo tanto, queda prohibido el uso de colorantes para enmascarar defectos del producto o para dar una sensación de calidad que no posee.

Para acertar en el colorante que se debe emplear en un producto es importante tener en cuenta:

- Características del alimento a colorear: presencia de otras sustancias en el alimento que pueden llegar a interactuar con el colorante y provocar inestabilidad y defectos de aplicación.
- Proceso de elaboración del alimento teniendo presente las características físicoquímicas de cada colorante y su estabilidad a diferentes parámetros como pH, temperatura, luz.

- Material de envasado. Si es permeable a la luz, oxígeno.
- Tiempo y condiciones de almacenamiento.
- Legislación vigente en cada país suponiendo que el producto producido en nuestro país sea exportado (Cubero et *al.*, 2002).

Debido a su origen los colorantes se clasifican en tres grupos: naturales, idénticos a naturales y sintéticos o artificiales. Actualmente existe una tendencia a utilizar, cuando es posible, colorantes naturales por ser inocuos, en lugar de los sintéticos o artificiales, por tanto, sin riesgo para la salud humana bajo las condiciones de uso.

Los colorantes en alimentos proporcionan, refuerzan o varían su color. El uso de los naturales ha sido frecuente y sólo se han visto parcialmente desplazados tras la aparición de colorantes artificiales (Molina et *al.*, 2007).

El color es la primera sensación que se percibe de un alimento y la que determina el primer juicio sobre su calidad, ya que tiende a modificar subjetivamente otras sensaciones como el sabor y el olor, condicionando el éxito o fracaso de un producto en el mercado (Ibáñez F. et *al.*, 2003).

Los alimentos, que no tienen color propio como bebidas, postres, snacks, dulces y productos de reciente aparición en el mercado, se colorean artificialmente para hacerlos más atractivos al consumidor, el color de los alimentos ayuda a definirlos. La experiencia ha demostrado que las personas cuando no ven el color, tienen problemas para identificar los sabores (Molina et *al.*, 2007).

Expertos en ramas de la psicología y otras áreas científicas del conocimiento han sugerido que el color puede influir en el estado de ánimo. Algo así ocurre también con los alimentos. En efecto, el color

es la primera sensación que se percibe y la que determina el primer juicio sobre su calidad. Es también un factor importante dentro del conjunto de sensaciones que aporta el alimento, y tiende a veces a modificar subjetivamente otras sensaciones como el sabor y aroma. Más aún, el coloreado puede condicionar el éxito o fracaso comercial de un producto. (Rodríguez-Montoya, 2009).

Inicialmente se sustituyeron los colorantes naturales por los sintéticos, por ser inestables con el tiempo. Con el avance de la ciencia, se cuenta con una variada gama de colorantes artificiales los cuales son de bajo costo, por lo que su uso se ha masificado. Sin embargo, el empleo de colorantes sintéticos es cuestionado por sus efectos tóxicos, de tal manera que están siendo retirados y sustituidos por colorantes naturales, al contrario de lo que sucede en los otros grupos de aditivos. Existen grandes variaciones de un país a otro, dependiendo de la legislación de cada uno de ellos. Los consumidores rechazan hoy en día la presencia de colorantes sintéticos en los alimentos y prefieren los colorantes naturales (Obón, 2003).

La Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en colaboración con la Organización Mundial de la Salud (OMS), creó un conjunto de comités que evalúan diversos aspectos de los aditivos. En la Unión Europea el Comité Científico de la Alimentación Humana y el Consejo de Europa han emitido Directivas en materia de aditivos, con el fin de armonizar la legislación de dichos países. En cualquier caso, la OMS (Organización Mundial de la Salud) obliga a seguir una investigación toxicológica cuando el colorante es empleado en concentraciones más elevadas de las presentes en el producto natural, o cuando se modifica su estructura durante el proceso de extracción.

Económicamente el mercado mundial de pigmentos representa \$1.2 billones de dólares por año, los colorantes naturales representan el 31% del mercado, el cual crece un 5% al año, mientras que los sintéticos crecen 1% (Voith, 2008).

4.2 Colorantes Artificiales

Los colorantes artificiales en general son más baratos, más estables y poseen mayor poder colorante que los colorantes naturales. Los colorantes artificiales presentan también problemas en su uso, en muchos casos se decoloran por acción del ácido ascórbico, efecto importante en el caso de las bebidas refrescantes, en que esta sustancia se utiliza como antioxidante. Los colorantes artificiales pueden utilizarse en forma soluble, como sales de sodio y potasio, y a veces amonio, en forma insoluble como sales de calcio o aluminio, o bien adsorbidos sobre hidróxido de aluminio formando lo que se conoce como una laca. La utilización de un colorante soluble o insoluble depende de la forma en que se va a llevar a cabo la dispersión en el alimento (Molina et *al.*, 2007).

El color artificial de los alimentos es una práctica que data de la antigüedad, pero alcanzó su apogeo con el desarrollo en el siglo XIX de la industria de los colorantes orgánicos de síntesis. En 1860 se coloreaba el vino en Francia con fucsina; más adelante se colorearon los macarrones y la mantequilla con dinitrocresol (Molina et *al.*, 2007).

4.2.1 Rojo Allura

Sal disódica del ácido 6-hidroxi-5-[(2-metoxi-5-metil-4-sulfofenil)azo]-2-naftalensulfónico y colorantes secundarios, junto con

cloruro de sodio y/o sulfato sódico como principales componentes incoloros. Su fórmula química es $C_{18}H_{14}N_2Na_2O_8S_2$

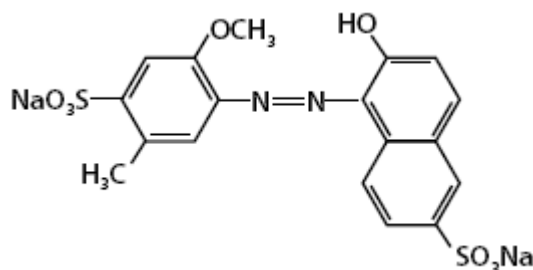


Figura 1. Estructura química del colorante artificial comúnmente conocido como Rojo 40.

Denominaciones	Nombres/Números
Sistemático	Sal disódica del ácido 6-hidroxi-5-[(2-metoxi-5-metil-4-sulfofenil)azo]-2-naftalensulfónico
Nombre común	Rojo No. 40
Cl. No.	16035
C.I. Denominación	Rojo de alimentos 17
CEE No.	E-129
Nombre comercial	Rojo Allura

Cuadro 1. Denominaciones y nombres del Rojo No. 40 a nivel mundial. Nota: "E" Es el número asignado al colorante en Europa. "CI" Es su Color Index, es decir, el número asignado por la Asociación Americana de textiles y coloristas. Fuente: JECFA 59ª 2002. Allura Red AC.

Su presentación es en polvo o gránulos de color rojo oscuro, es soluble en agua e insoluble en etanol. Se puede convertir en la laca de aluminio correspondiente en cuyo caso sólo las especificaciones generales para lacas de aluminio de colorantes, se aplica.

McCann y colaboradores comprueban que las bebidas con colorantes artificiales de uso común como el Rojo Allura en combinación con el conservador benzoato de sodio (20 mg/45 mg diarios en niños de 3 años y 25 mg/45 mg diarios en niños de 8-9 años de edad) tienen impactos negativos en la conducta de los niños, provocándoles y/o potencializando el Trastorno de Déficit de Atención e Hiperactividad "TDAH" (McCann D. et al., 2007). Esta enfermedad es resultado del consumo de productos que contienen colorantes artificiales, si los niños consumen un número considerable de alimentos

industrializados que los contengan hay riesgo de disparar el TDAH. Esta información está respaldada por la Food and Standards Agency (FSA) con base a investigaciones que han demostrado este hecho; previamente el gobierno del Reino Unido, a través de la FSA, llama a las empresas a establecer una prohibición voluntaria a su uso en noviembre del 2008 (FSA, 2008).

La hiperactividad es un término generalmente utilizado para describir dificultades en el comportamiento que afectan el aprendizaje, la retención de información, el movimiento, el lenguaje, las respuestas emocionales y los patrones del sueño. El Trastorno de Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) es un padecimiento crónico, es más que sólo un comportamiento hiperactivo (Calvillo, 2011).

Con este estudio se comprobó la clara y directa asociación de una alteración en la conducta de los niños incrementando niveles de hiperactividad y déficit de atención (Mc Cann, 2007).

Si bien ya se ha demostrado ampliamente que el alto consumo de alimentos densamente energéticos, el deterioro en los hábitos de alimentación, adicción y mala nutrición en general con cantidades elevadas ya sea de azúcar, grasa o sal, provocan obesidad, ahora enfrentamos el impacto de estos colorantes artificiales en el comportamiento, especialmente de los niños (Mc Cann, 2007).

En una investigación realizada en México llamada "Calidad nutricia de los productos que se venden en los planteles escolares" (2011) que tuvo continuidad por Calvillo et al., 2011 con la publicación "Presencia de colorantes en alimentos y bebidas que se venden en las escuelas asociados a los cambios de conducta en los niños", en donde se realizó el análisis de una muestra de 52 productos de los diferentes alimentos que se enlistan en el Cuadro 2 y que fueron autorizados por la Secretaría de Salud para su venta en los planteles escolares del

país, se analizó la presencia de colorantes en los alimentos y bebidas que se venden al interior de las escuelas de educación básica de 5 a 12 años (Calvillo et al., 2011).

De 52 productos adquiridos en los planteles escolares, el 58% (6 de cada 10 productos) contienen colorantes artificiales que representan un riesgo para la salud (Kobylewski S., 2010), especialmente alteración en la conducta de los niños (Mc Cann, 2007).

En la Figura 2 se observa que el Rojo Allura (con 44%), es el colorante de mayor presencia en los alimentos autorizados por la Secretaria de Salud para su venta en planteles escolares, seguido de la Tartrazina con 38% y del Azul Brillante con 29% respectivamente, son de los colorantes artificiales más utilizados en alimentos procesados.

Categoría	Productos
Bebidas	12
Pastelillos, postres y confites.	28
Yogurt y alimentos	4
Botanas saladas	8
Total	52

Cuadro 2. Productos analizados autorizados para su venta en planteles escolares. Fuente: Calvillo et al., 2011.

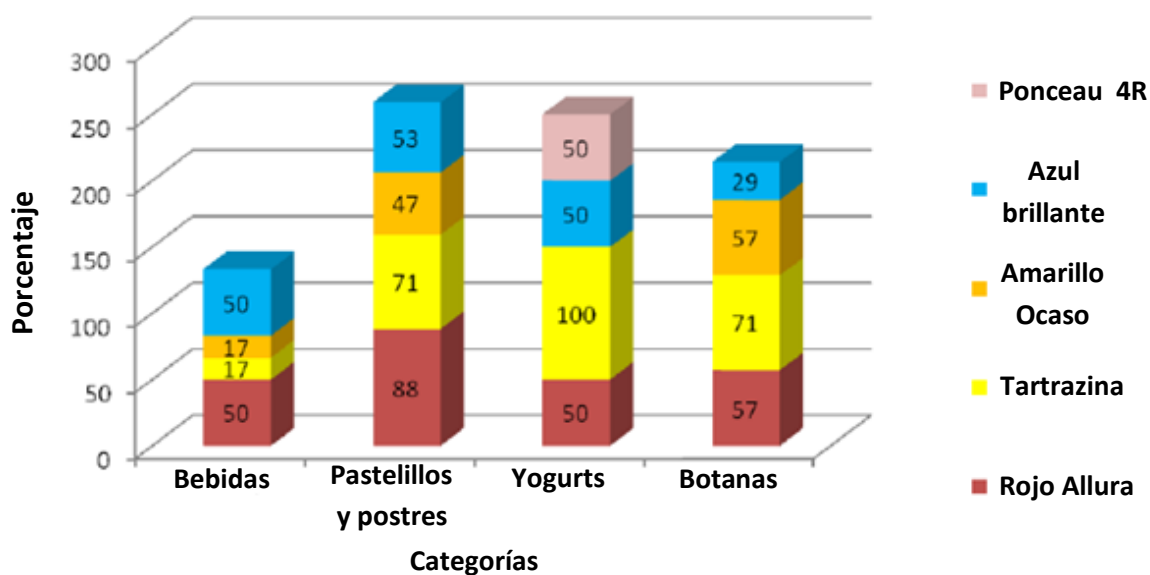
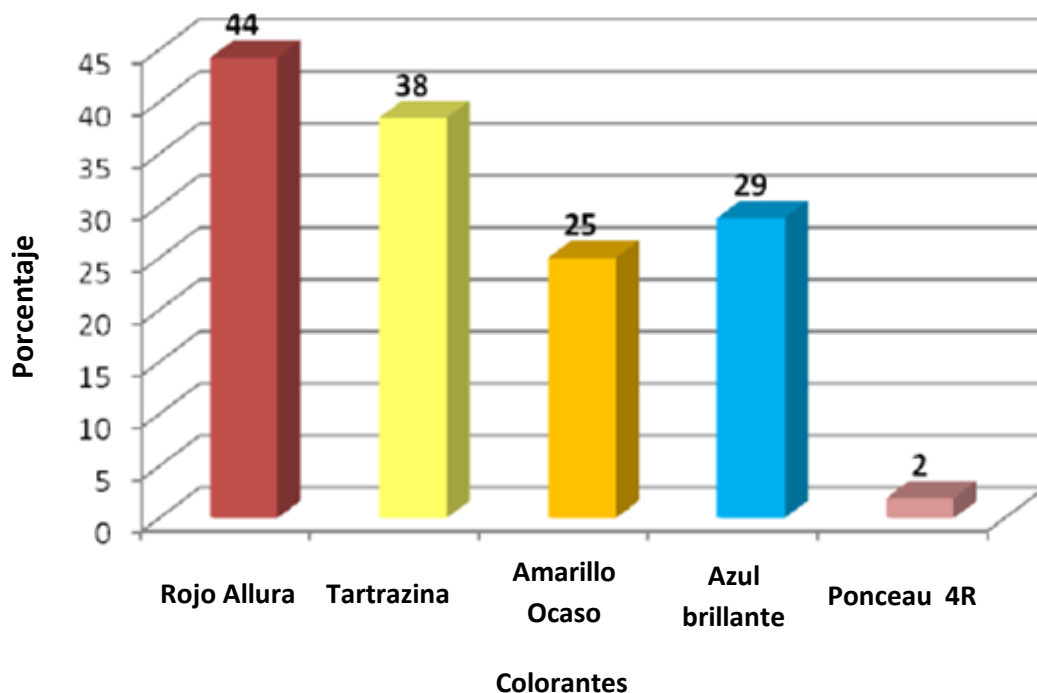


Figura 3. Porcentaje de colorantes presentes en los diferentes productos permitidos en las escuelas, desglosado por categoría. Fuente Calvillo A. et al., 2011.

Los colorantes artificiales están presentes en las todas las categorías de alimentos. En la Figura 3 es notable que los colorantes se adicionan con mayor proporción en pastelillos y postres con mayor cantidad de Rojo Allura (88%), seguido de los yogurts con Tartrazina en mayor proporción (100%), botanas al igual que yogurts con

colorante Tartrazina en mayor uso (71%) y en bebidas se detectaron dos colorantes utilizados en igual cantidad como más usados (50%).

Si bien está demostrado que a mayor ingestión de azúcar mayor es el incremento en la hiperactividad en la población infantil (Feinstein et al., 2008), también se ha demostrado que no sólo el azúcar es un agente contribuyente, sino la composición química en sí y los colorantes sintéticos presentes en los productos, tales como botanas, bebidas, pastelillos, postres y dulces. (Wiles et al., 2009).

En la Unión Europea, en julio del 2010, se ordenó colocar una leyenda precautoria a todos los productos que contengan alguno de estos colorantes. La leyenda expresa lo siguiente: "Este producto contiene colorantes que se han asociado a la hiperactividad y déficit de atención de los niños" (FSA, 2010).

4.3 Colorantes Naturales

El término colorante natural normalmente se aplica sólo a aquellos productos de origen animal o vegetal. Por extensión, se consideran también naturales los colorantes obtenidos de materiales biológicos, como de algunos insectos, o incluso los que se forman al calentar o someter a tratamiento térmico un alimento, como el caramelo. En este sentido, y aunque pueden tener composición y potencial de coloración idéntica se contraponen a los artificiales, que en esencia son los obtenidos por síntesis química (Molina et al., 2007).

Actualmente, y en la medida de lo posible, se recurre a colorantes naturales en lugar de los sintéticos, ya que existe una presión y preocupación importante por parte de los consumidores en muchas partes del mundo, por la conservación de su salud.

Por otra parte, no pueden incorporarse colorantes (ni los legalmente aceptados) a los alimentos que no se someten a tratamiento para modificar su estado inicial, este es el caso de la carne cruda (entera, troceada o picada), salvo que se indique lo contrario (Ibáñez et al., 2003).

Los colorantes naturales son considerados en general como inocuos y consecuentemente las limitaciones específicas en su utilización son menores que las que afectan a los colorantes artificiales.

4.3.1 Ácido Carmínico

El Ácido Carmínico, uno de los colorantes naturales industriales más atractivos de origen animal se obtiene de *Dactylopius coccus Costa* o cochinilla fina del nopal. La importancia económica de este colorante se debe a la presencia del ácido carmínico en la cochinilla hembra.

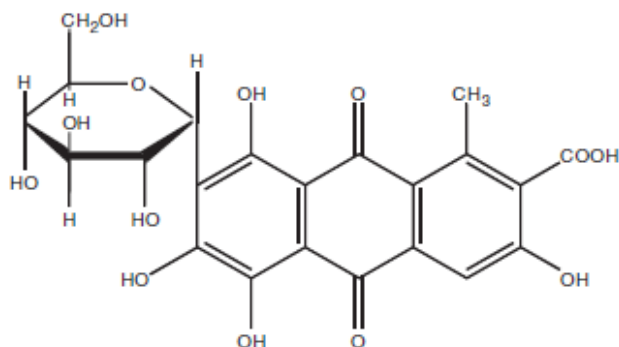
Dentro de sus características tecnológicas entre los colorantes naturales, el ácido carmínico es estable a la luz, a la oxidación, al pH y a la temperatura; es utilizado en la industria de alimentos, farmacéutica y cosmética.

Hoy en día es considerado uno de los colorantes rojos más seguros, desde el punto de vista de inocuidad. Se encuentra permitido por la mayoría de las legislaciones alimentarias en diversos países; por ejemplo, lo incluye la *Food and Drug Administration* (FDA) de Estados Unidos de América; la Unión Europea le ha otorgado el código de identificación E-120 y también está incluido en el listado del Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) (FAO/OMS, 2000), también es recomendado la UNICEF (Condeña et al., 1997). Este pigmento es una interesante alternativa como colorante rojo natural a los colorantes sintéticos.

En la industria de alimentos, se utiliza el 75% del total de la producción a nivel mundial en productos como dulces, gomas de mascar, frutas, conservas vegetales, mermeladas, sopas, salsas, productos de panificación, bebidas alcohólicas y no alcohólicas con bajo pH que requieren tonos rojos o naranjas, productos lácteos, cárnicos, postres y aperitivos (Molina et al., 2007).

4.3.1.1 Características Fisicoquímicas del Ácido Carmínico

El ácido carmínico cuya fórmula es $C_{22}H_{20}O_{13}$, es una hidroxiquinona ligada a una unidad de glucosa, ácido 7- β -D-glucopiranosil-3,5,6,8-tetrahidroxil-1-metil-9,10-dioxo-2-antracencarboxílico. Es un polvo que puede contener material proteínico derivado del insecto de origen o carminatos libres o un pequeño exceso de cationes de aluminio. Es ampliamente usado como colorante en alimentos, textiles, en la industria farmacéutica y cosmética.



Ácido carmínico: $C_{22}H_{20}O_{13}$ (PM 492.39)

Figura 4. Estructura Química del Ácido Carmínico.

Este pigmento tiene estabilidad térmica, a la luz, a la oxidación y al pH de los alimentos. Debe ser almacenado entre 5°C y 30°C, estar muy bien cerrado, en un lugar seco. Una tendencia ecológica, globalmente permanente es el consumo de productos naturales o

mínimamente procesados, esta situación propicia que la cochinilla se convierta en un producto indispensable para la industria. En el Cuadro 3 se observan los nombres con que se conoce este colorante:

Denominaciones	Nombres/Números
Sistemático	Acido 7 - β - D - gluco - piranosil -3,5,6,8 - tetrahidroxi - 1- metil - 9,10 -dioxo - 2 - antracencarboxílico.
Nombre común	Ácido Carmínico
CEE No.	E-120
CEE Denominación	Rojo Cochinilla
Cl. No.	75470
C.I. Denominación	Rojo natural No. 4

Cuadro 3. Denominaciones y Nombres del Ácido Carmínico a nivel mundial. Nota: "E" Es el número asignado al colorante en Europa. "Cl" Es su *Color Index*, es decir, el numero asignado por la Asociación Americana de textiles y coloristas. Fuente: JECFA 59ª 2002. Carmines

Los estándares de calidad señalados por la FDA 2007, para ácido carmínico se presentan en el Cuadro 4.

Propiedades	%
Ácido carmínico mín.	20-22
pH	7-8.5
Proteína máx.	2.2
Arsénico	Ausente
Plomo	Ausente

Cuadro 4. Propiedades del Ácido Carmínico regidos por la FDA 2007.

Debido a las políticas en materia de seguridad alimentaria y a las presiones de los consumidores por el uso de aditivos alimentarios inocuos en alimentos, productos farmacéuticos y cosméticos, los subproductos obtenidos a partir de *D. coccus* pudieron incrementar su consumo desde mediados de los años 70 (Llanderal et al., 2001). El ácido carmínico va de un color naranja a violáceo, dependiendo del pH del producto. Ofrece tonos rojo-azulados en pH alcalino y a pH ácido predomina la tonalidad roja-naranja como se observa en el Cuadro 5 (García-Gutierrez, 2008).

pH	Color
3.0	Naranja
4.0	Naranja
7.0	Rojo
9.0	Violeta

Cuadro 5. Colores del ácido carmínico dependiendo el pH.

Puede encontrarse en distintas presentaciones comerciales como: lacas, polvos hidrosolubles o soluciones. Sus aplicaciones son muy diversas, en productos cárnicos, caramelos, chicles, galletería, pastelería, confitería, repostería, productos lácteos y bebidas.

4.4 La Producción

4.4.1 Historia

Históricamente México es el país que da origen a la producción de la cochinilla, durante la época colonial se cultivaba extensivamente en bastas regiones. Los españoles aprovecharon que las hembras adultas secas, de donde se obtiene el pigmento, parecen semillas y son tan resistentes como éstas, las exportaban en cantidades considerables a Europa. El interés en su cultivo se perdió cuando los productores se vieron liberados de la presión colonial que los forzaba a producirla para abastecer a la metrópoli. La comercialización importante de este insecto terminó en 1875, cuando se introdujeron los colorantes sintéticos (Borrór et *al.*, 1989).

A inicios de la década de 1970, la demanda de cochinilla aumentó debido a la prohibición de algunos colorantes químicos artificiales que producen efectos adversos, por lo tanto la demanda de colorantes naturales como el carmín (recomendado por la FAO, la OMS y la UNICEF) creció de manera considerable a mediados esta década (Condeña, 1997). Debido a esta demanda, Perú hasta el 2005 había

sextuplicado su producción en los últimos 23 años hasta llegar a producir 650 t por año, que junto con la producción de las Islas Canarias, Chile, Bolivia y Ecuador hacen un total de 850 t por año, aunque la demanda es casi el doble de esa cantidad (Aldama-Aguilera et al., 2005). Actualmente estos países son los principales productores de grana cochinilla y ácido carmínico.

Este repunte de la demanda del ácido carmínico no modificó la situación en México, donde actualmente los principales estados productores de Oaxaca, Jalisco, San Luis Potosí, Zacatecas, Puebla, Edo. de México, Hidalgo y Morelos dedican algunas parcelas para la producción de cochinilla fina en pequeña escala (a nivel doméstico) y con fines principalmente artesanales (Hernández-Hernández et al., 2005).

Es claro que para las condiciones de México, es necesario llevar a cabo un cultivo serio alrededor de la crianza de la cochinilla. El rendimiento de la producción durante la Colonia en México fue de 700 toneladas, este resultado se obtuvo por medio de los esfuerzos de miles de indígenas mexicanos.

La preocupación social es un tema que debe ser tomado en consideración y mirar con especial atención, ya que varios programas de la cultura de la cochinilla se han aplicado desde 1970 hasta el presente año, centrándose principalmente en las comunidades rurales. Desafortunadamente dichos programas son abandonados debido a la falta de sistemas adecuados, apoyo constante y asistencia técnica, esta situación se ve reforzada por la multiplicidad de las actividades de los grupos implicados, que se dispersan en diversos programas (Llenderal et al., 2001). Cuestión importante es cómo transferir la información con la ética profesional, la cual debe ser verdadera y centrada en la situación del mercado, también pueden

ofrecer una base sólida para iniciar los programas de producción de este insecto (Portillo et *al.*, 1995 y Vigueras et *al.*, 2001).

4.4.2 *Dactylopius coccus* Costa o cochinilla fina del nopal

Insecto originario de México, pertenece al orden Hemíptera, familia Dactylopiidae, vive como parásito en la superficie del nopal verdulero (*Opuntia ficus-indica*) (Flores-Flores et *al.*, 1995; Portillo, 1995; Sáenz et *al.*, 2004), que se alimenta de la savia de las pencas, su alimentación es de tipo fitófago, es decir, por medio de sus largas trompas, son agentes de control biológicos del nopal (Molina et *al.*, 2007).

El manejo de campo que se le debe dar a los nopales para la crianza de la cochinilla, su ciclo biológico, los hospedantes más adecuados dentro de las diversas especies de nopales, los mercados del colorante, entre otros temas relacionados, han sido abordados por varios autores, entre ellos Flores-Flores et *al.*, 1995, Saenz et *al.*, 2002 que lo consideran de tal manera.

El ciclo vital del insecto desde la postura del huevo hasta que es adulto, dura aproximadamente 128 días, de ese modo se sincronizan las poblaciones del insecto para su cultivo. Su ciclo de vida es muy especial, ya que cada sexo tiene desarrollo propio. El desarrollo se inicia cuando del huevo sale una larva pequeña, la cual camina activamente, se asienta en una penca de nopal y pasa por varias etapas de desarrollo; en algún momento algunas de las larvas darán origen a hembras y otras a machos.

Para alimentarse la larva de la hembra adulta siempre queda fija en una de las caras de la penca del nopal, donde succiona la savia de la penca por medio de sus largas trompas. Ahí se desarrolla, posteriormente en estado adulto presenta un aspecto similar a la

larva, excepto por la reducción de las patas y el aumento de volumen. La hembra madura, pone sus huevos y luego muere.

Por otra parte, los machos son más pequeños que las hembras y ayudados por sus alas y el viento, vuelan de una penca a otra, para cumplir con su papel fecundador. La fecundación se da todo el año, una vez terminado este proceso, el macho muere. La relación de población del insecto es 1:150-200 macho/ hembras aproximadamente, mide 2.2 mm de longitud. La cochinilla hembra después de ser fecundada deposita entre 400 a 600 huevecillos, al poner los huevos excreta una materia blanca cerosa, que cubre a éstos y que constituye una placa protectora contra el sol y las lluvias. La vida máxima de la cochinilla hembra, no pasa de los 150 días (Méndez et al., 1994).

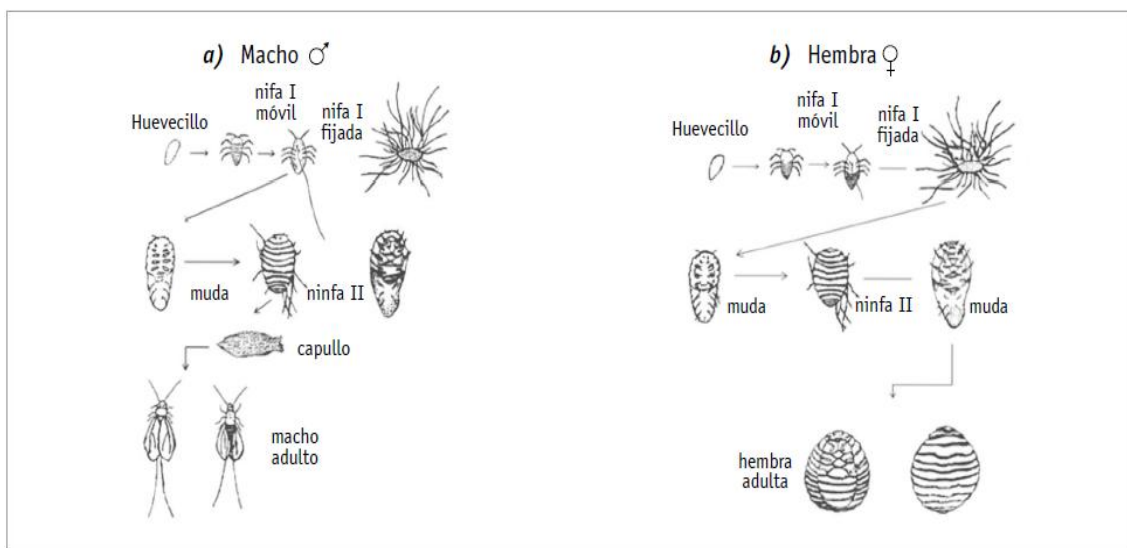


Figura 5. Comparación del desarrollo de machos y hembras de la cochinilla del nopal. Fuente: Hernández-Hernández et al., 2005.

La figura 5 muestra el desarrollo de ambos sexos de la cochinilla, se inicia con la emergencia de larvas caminadoras, hasta que se fijan por su estilete, (ninfa I móvil), secretan cera en forma de filamentos o de un polvo blanco que las cubre (ninfa I fijada). A partir de este momento, el desarrollo es diferente entre los sexos. Los machos (**a**) realizan una muda para generar una ninfa II y posteriormente forman

capullos, de la cual resulta un macho alado, sexualmente maduro. En los siguientes días los machos copulan y mueren. En comparación, las hembras (**b**) sufren dos mudas más: en la primera se generan las ninfas II y en la segunda las hembras adultas. Las hembras adultas copulan y forman huevos, los cuales se desarrollan en su interior. Al término del ciclo, las hembras dan a luz a las ninfas caminadoras.

La producción de cochinilla es una explotación de tipo agrícola-biológica, por lo tanto, la planta debe tener un manejo diferente al que recibe para la producción de fruta o nopalitos. El insecto por su parte, tiene un manejo y posterior proceso para la producción de colorante, distinto a los utilizados para la producción de alimentos y aditivos o subproductos. El hospedante natural es *Opuntia ficus-indica* (nopal verdulero): en ella crece y se desarrolla el insecto, el que es sacrificado y procesado para la extracción del pigmento. Lo que realmente se procesa para la producción de carmín es el insecto hembra y la planta solo es el apoyo para su crianza.

Llanderal et al., 2001 mencionan que el ácido carmínico se encuentra en todos los estados de desarrollo del insecto. González et al. 2002 reportaron que en embriones de 10 días ya se puede observar el pigmento. Las hembras adultas son la materia prima para la extracción del colorante (García-Gutierrez, 2008), por lo que varios estudios de morfología, biología y taxonomía se han efectuado con ese estado de desarrollo. Se ha sugerido que el ácido carmínico ejerce una función biológica importante en *Dactylopius coccus*, y que posiblemente interviene en la defensa del insecto contra ciertos depredadores (Eisner et al., 1980).

La calidad de grana cochinilla se establece a partir del contenido de ácido carmínico. La calidad se caracteriza por tener un alto porcentaje de ácido carmínico (22.5% aproximadamente del peso del animal). La grana cochinilla de primera y segunda calidad tienen un porcentaje

de 19.5% y 10% respectivamente. La cantidad de ácido carmínico que contiene la cochinilla varía de acuerdo a la región (Aldama-Aguilera et *al.*, 2005).

4.4.3 Producción de Grana Cochinilla

El proceso incluye desde la cosecha de la cochinilla en adelante, lo que podría ser considerado como la etapa de pre-procesamiento.

En México la cosecha se distribuye 78.3% en zonas áridas, semiáridas, sub-húmedas y en suelos del territorio que son totalmente inadecuados para otros cultivos, ya que los nopales pueden sobrevivir incluso en algunas regiones con 200 mm de lluvia, ello representa una situación excepcional (Aldama-Aguilera et *al.*, 2005).

El nopal que se cultiva en campos controlados es el mejor para infestarlo de cochinilla y puede crecer bien en los huertos familiares, solares o a campo abierto. Es evidente que las poblaciones obtenidas de esta manera son relativamente pobres, se requiere reforzar la infestación natural con métodos ratificales para explotar con mayor eficiencia las plantas del nopal.

La época más adecuada para su siembra es cuando no hay lluvias, entre los meses de marzo a mayo. La densidad regular de la siembra del nopal que se infestará de grana puede variar.

Existen dos formas básicas para la propagación del nopal. La primera es una propagación sexual por medio de su semilla, sin embargo, en este caso el desarrollo de la planta es muy lento, o sea su fructificación posterior es retardada y puede existir mucha variabilidad entre las características de la nueva planta respecto a las

de la planta madre. La segunda forma de propagación del nopal es asexual, mediante la utilización de sanas y bien desarrolladas partes vegetativas de la planta, generalmente pencas o partes de las pencas, obteniéndose de manera sencilla y con bastante rapidez, plantaciones uniformes con unidades de idénticas características. Los sistemas de siembra del nopal dependen de la pendiente de terreno a sembrarse.

En México la producción de grana cochinilla se dificulta debido a la existencia de especies de cochinillas silvestres, de enemigos naturales, temperaturas extremas, lluvias fuera de temporada, alta luminosidad y vientos fuertes; por tanto, se requieren ambientes acondicionados para controlar dichos factores, mediante cobertizos, microtúneles o invernaderos y obtener buenas cosechas (Llanderal et al., 2001).

Las temperaturas extremas pueden causar alta mortalidad, sobre todo en ninfas recién emergidas que son las más susceptibles; el granizo causa un daño físico al caer sobre los cuerpos frágiles de las ninfas o adultos; la radiación solar o luminosidad tiene relación estrecha con la temperatura y se recomienda regularla con sombreado en ambientes semi-controlados, a mayor temperatura mayor sombreado (Portillo, 1995). La lluvia puede desprender los insectos del cladodio; el viento influye en la ubicación o arrastre de las cochinillas, ya que puede evitar que las ninfas recién emergidas se establezcan en los cladodios, puede desprender insectos en etapas finales de desarrollo e impedir que los machos fertilicen las hembras (Llanderal et al., 2001).

En general el proceso del cultivo del nopal no requiere de tecnología, de mano de obra especializada, ni de gran inversión. Quizá el costo mayor en un sembradío sean algunas estructuras para cubrir los

campos, resguardar al nopal y a la cochinilla del viento y de la eventual lluvia.

Un ambiente semi-controlado propuesto en México, corresponde a cobertizos con muy poca inversión, contruidos con carrizo, adobe, palma o troncos, piso de tierra apisonada, y pueden o no tener paredes; en este último caso, los cobertizos protegen la grana cochinilla parcialmente de la insolación, alta luminosidad, precipitación y vientos. También se usan microtúneles rústicos con madera o varilla en V o U invertida, sobre la cual se sujeta el material que cubre las pencas infestadas, que puede ser de plástico cubierto con otros materiales para dar sombra que regule la temperatura; para sostener las pencas se usan soportes laterales de madera y una red de rafia (Llanderal et al., 2001). Campos et al., 2003, proponen el uso de invernaderos con techo de dos aguas, paredes de material plástico rígido y semitransparente con ventanas laterales y abatibles en la parte central y a lo largo del techo para regular la temperatura interior, además de poseer armazones distribuidos en tres niveles para el mantenimiento de las pencas, ya sea colgadas o bien sostenidas mediante una red de rafia.

En 2001 se llevó a cabo un proyecto de investigación por parte del Colegio de Posgraduados en Texcoco, Estado de México, llamado "Producción de Grana-Cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en Plantas de Nopal a la Intemperie y en Microtúneles" en donde aplican algunas de las alternativas para ver el efecto de las diferentes condiciones sobre el rendimiento del Ácido Carmínico. La Temperatura media anual es de 14.6°C para determinar la factibilidad de la producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) sobre nopal en pie a cielo abierto y bajo protección con dos tipos de microtúneles, registrando el peso fresco y seco de hembras por planta, para evaluar la resistencia de la planta en tres ciclos de producción, su duración en tres temporadas, determinar el contenido

de ácido carmínico y la calidad de la cochinilla en generaciones sucesivas sobre una misma planta.

Se utilizaron pencas de *Opuntia ficus-indica* variedad 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. 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.

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. 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 recocado, uno a cada 40 cm a lo largo de la varilla y cuatro hilos de rafia entre los de alambre recocado, los cuales se sujetaron a estacas ubicadas a los extremos del microtúnel. La cubierta se sujetó con hilos de rafia a la estructura.

El laboratorio de Fisiología de Insectos del Instituto de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados 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 (3×3 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).

La cosecha, 15 días después de iniciada la oviposición, consistió en desprender a las hembras de las pencas, usando pinzas elaboradas con flejes doblados, aunque también se recomienda utilizar una brocha ancha de 9-12cm para que cayeran sobre un plástico en el suelo. Las cochinillas se mataron al ponerlas en charolas de unicel, en un congelador a $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 24 hrs. Este procedimiento debe hacerse inmediatamente después de la recolección para evitar la proliferación de microorganismos en los insectos, ya que estos pueden provocar la pérdida de ácido carmínico. Las charolas se secaron a temperatura ambiente, bajo sombra, durante 25 días. Los insectos secos fueron sacudidos en tamices con aberturas de 2.0, 1.0 y 0.2 mm de diámetro, para eliminar las impurezas que provienen del cactus y de esta forma también eliminar la materia extraña para poder clasificarlas en cochinillas de primera, segunda y tercera calidad.

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. Las variables de respuesta fueron el peso fresco y seco (g) de la cochinilla por planta, el porcentaje de ácido carmínico, duración del ciclo biológico, y clasificación de grana cochinilla seca.

La SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) publicó una ficha de Sistema de Agro-negocios

de Traspatio llamada "Producción de la Cochinilla" donde dan a conocer los sistemas de producción utilizados en México dependiendo de las condiciones geográficas y necesidades del productor.

La implementación de cada sistema depende de la capacidad de inversión, disponibilidad de mano de obra y capacidad de producción de pencas de nopal para infestar, entre otros factores (Llanderal et al., 2003), por lo que aún es necesario buscar alternativas que permitan incrementar los rendimientos de cochinilla y/o ácido carmínico de una forma rentable.

Los resultados respecto al trabajo de investigación "Producción de Grana Cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en Plantas de Nopal a la Intemperie y en Microtúneles" fueron los siguientes:

La temperatura promedio registrada varió según la época del año y fue mayor dentro de los microtúneles que a la intemperie. La temperatura máxima promedio en el microtúnel con cubierta transparente fue superior 1.7 °C respecto a la del microtúnel con lona de rafia y 4.1 °C superior a la registrada a la intemperie; es decir, durante el día, en los microtúneles, la temperatura aumenta respecto a la intemperie. La temperatura mínima promedio a la intemperie fue inferior 1.2 °C respecto a la registrada en el microtúnel con plástico transparente y 3.0 °C inferior a la del microtúnel con lona de rafia; es decir, dentro de este último los insectos estuvieron más protegidos contra bajas temperaturas.

La duración del ciclo biológico fue mayor a la intemperie que en los microtúneles, los cuales fueron estadísticamente mejores pero sin diferencia significativa entre ellos. Esta variación se atribuye a las diferencias de temperatura registradas en los diferentes ciclos de producción en las épocas del año, así como en los distintos sistemas de producción, esto concuerda con Méndez et al., 2001 quien explica

que a mayor temperatura el ciclo biológico se acorta, pero a temperaturas bajas, se alarga. Los ciclos de vida más cortos se registraron en el Cuadro 6 tercer ciclo de producción.

Sistema de Producción	Ciclo I	Ciclo II	Ciclo III
	Agosto-diciembre	Diciembre-abril	Abril-julio
Microtúnel con plástico transparente	118 c	118 c	97 a
Microtúnel con lona de rafia verda	118 c	119 c	98 a
A cielo abierto (interperie)	128 d	129 d	106 b

Cuadro 6. Duración (d) de los ciclos biológicos de *D. coccus* para tres sistemas de producción, de 2001 a 2002. a, b, c, d: Medias con letras diferentes en hileras y columnas, son diferentes. Fuente: Aldama-Aguilera et al., 2005.

El mayor rendimiento se observa en el Cuadro 7, se obtuvo en la segunda generación en el microtúnel con plástico transparente, con un promedio de 63.7 g peso fresco y 18.8 g peso seco. Con estos resultados se calculó que se requieren 3.54 kg. de grana cochinilla fresca para obtener 1 kg de grana seca, lo que concuerda con Méndez et al. 2001, quien menciona que la proporción de peso fresco en relación con el peso seco puede variar de 2.5-3.5 a 1.

Sistema de Producción	Ciclo I		Ciclo II		Ciclo III	
	Agosto-diciembre	Diciembre-abril	Diciembre-abril	Abril-julio	Abril-julio	Abril-julio
Microtúnel con plástico transparente	42.5 b	12.0 b	63.7 a	18.8 a	45.9 ab	13.0 b
Microtúnel con lona de rafia verda	49.7 ab	13.0 b	60.2	17.1 ab	4.0 c	1.1 c
A cielo abierto (interperie)	0.9 c	0.3 c	3.2 c	0.9 c	9.6 c	2.7 c

Cuadro 7. Rendimiento (g) de grana cochinilla por planta en tres generaciones sucesivas sobre la misma planta, en tres sistemas de producción, 2001 a 2002. Fuente: Aldama-Aguilera et al., 2005.

En penca cortada, colgada y en sólo un ciclo de producción, Campos-Figueroa y Llanderal-Cázares (2003) documentan un rendimiento de 7.8 g en peso fresco por penca, lo cual es similar al promedio registrado en los microtúneles en el primer ciclo de producción del

experimento (7.7 g por penca), pero inferior al promedio en el ciclo II de producción (10.3 g por penca). Además, Aldama-Aguilera y Llanderal-Cázares (2003) reportan, en un solo ciclo de producción, da rendimientos de 8.62 g en pencas colgadas y de 12.27 g en pencas colocadas verticalmente en red de rafia; en este último sistema el rendimiento por penca fue superior al obtenido en el mejor tratamiento de esta investigación.

En la producción a cielo abierto, las cochinillas cosechadas se encontraban protegidas debajo de los nidos de tul, bajo las espinas del nopal, en el lado inferior de pencas ligeramente inclinadas o en posición horizontal y en lugares ocultos por el traslape de dos o más pencas.

En el Cuadro 7 se observa el rendimiento en los microtúneles de lona

de rafia y de plástico transparente en el ciclo II fue 17.14 y 18.83 g de cochinilla seca por planta. La cochinilla de mayor tamaño en este ciclo se obtuvo en los microtúneles con plástico transparente, es decir, la población de cochinilla fue mayor en los microtúneles con lona de rafia, probablemente debido a la menor oscilación de la temperatura comparada con los otros dos sistemas, lo que se reflejó en un mayor establecimiento de ninfas.

Esto se debe probablemente a un mayor desgaste de las plantas; además, por la competencia intra específica, los insectos fueron de menor talla y peso, pero las plantas no resistieron la sobrepoblación de cochinilla después del ciclo II. En ambos microtúneles se interfirió con la incidencia de la radiación solar y, como lo menciona la literatura la sombra reduce la tasa fotosintética de las cactáceas.

Según Vigueras y Portillo (2001) y Méndez et *al.*, 1994, este insecto es susceptible al lavado por lluvias, desprendimiento por el viento, heladas, granizadas y alta luminosidad, factores presentes durante esta investigación. En consecuencia, el rendimiento a cielo abierto fue menor a la cantidad de cochinilla utilizada para infestar.

Sistema de Producción	Calidad	Ciclo I Agosto- diciembre	Ciclo II Diciembre- abril	Ciclo III Abril- julio
Microtúnel con plástico transparente	Primera	99.0 a	95.6 bc	92.8 cd
	Segunda	0.4	3.9	4.9
	Tercera	0.3	0.3	1.6
	Polvillo	0.3	0.3	0.7
Microtúnel con lona de rafia verde	Primera	99.1 a	87.3 e	92.3 d
	Segunda	0.4	10.9	4.9
	Tercera	0.3	1.1	2.1
	Polvillo	0.3	0.8	0.7
A cielo abierto (interperie)	Primera	97.4 ab	96.4 ab	95.3 bcd
	Segunda	1.9	2.5	2.6
	Tercera	0.6	0.8	1.9
	Polvillo	0.1	0.3	0.2

Cuadro 8. Clasificación de la calidad (%) de la grana cochinilla seca, cosechada en tres generaciones sucesivas sobre la misma planta y con tres sistemas de producción, de 2001 a 2002. Aldama-Aguilera C., Llanderal-Cázares C. et *al.*, 2005.

El mayor porcentaje de ácido carmínico se observa en el Cuadro 9, se obtuvo en el ciclo II (22.9%) en los microtúneles de plástico transparente; sin embargo, en estos microtúneles también se registró el menor porcentaje (19.4%) en el ciclo I. De acuerdo con Flores-Flores et *al.*, 1995, el Instituto de Investigación Tecnológica y de Normas Técnicas de Perú (ITINTEC) estableció que el contenido de ácido carmínico de la grana cochinilla de primera calidad debe ser 18% como mínimo, pero la Fundación Bolivia Exporta (FBE) estableció como mínimo 20% (Flores-Flores et *al.*, 1995). En este estudio todos los tratamientos superaron el límite de 18% y sólo uno no alcanzó el límite de 20%.

Sistema de producción	Ciclo I	Ciclo II	Ciclo III
	Agosto-diciembre	Diciembre-abril	Abril-julio
Microtúnel con plástico transparente	19.4 b	22.9 a	21.8 ab
Microtúnel con lona de rafia verda	20.0 ab	21.9 ab	20.0 ab
A cielo abierto (interperie)	21.4 ab	21.1 ab	22.3 ab

Cuadro 9. Contenido (%) de ácido carmínico en *D. coccus* en tres generaciones sucesivas sobre la misma planta en tres sistemas de producción, 2001 a 2002. a, b, c, d: Medias con letras diferentes en hileras y columnas. Fuente: Aldama-Aguilera C., y Llanderal-Cázares C. et al., 2005.

4.4.4 Recolección de la cochinilla

Hay dos formas de producción para su comercialización, la primera es la cochinilla seca almacenada en sacos de yute para su distribución y la segunda es la grana cochinilla en polvo.

Las cochinillas perfectamente maduras son recolectadas en forma manual utilizando una brocha pequeña, con la cual se cepillan las hojas del cactus que tienen colonias de insecto y al mismo tiempo se recogen en una bandeja. Después de ser recolectadas deben ser tratadas cuidadosamente para evitar que la sustancia colorante salga de su cuerpo, que es blando y por tanto, susceptible de ser desgarrado accidentalmente. Las cochinillas contienen algunas impurezas que provienen del cactus en donde crecen, las cuales deben ser eliminadas previamente al secado. Estas son separadas en forma manual, se pasan por tamices de 2.0, 1.0 y 0.2 mm de diámetro para eliminar impurezas. Una vez realizado el tratamiento descrito debe procederse inmediatamente a la operación de secado para evitar el ataque a los insectos por microorganismos y que se llegue a producir mal olor.

4.4.5 Post-tratamiento de Grana Cochinilla

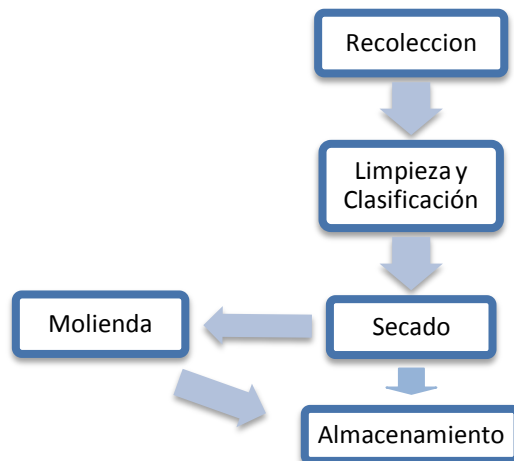


Figura 6: Diagrama de Bloques Tratamiento de la Cochinilla

4.4.5.1 Secado

Este procedimiento consiste en dos secados, el primero que se debe realizar para sacrificar al insecto con la mayor rapidez posible, para evitar que ovipositen y disminuyan su peso, posteriormente deben secarse hasta 11 % de humedad. Para matar a las cochinillas se puede recurrir a estos procedimientos:

- Con agua caliente: se sumerge la bolsa con cochinillas en agua caliente (de 60° C a 70° C) por 2 minutos ó 3 minutos.
- Con alcohol: se sumerge la bolsa con cochinilla en un recipiente con alcohol durante cinco minutos. Las cochinillas muertas deben secarse hasta lograr una humedad inferior a 11 %.

Para el segundo secado se recurre en nuestro país a la exposición al sol por ser el más práctico y económico, requiere aproximadamente de 4 horas a 5 horas diarias de exposición durante 6 días. El secado

facilita la manipulación de la materia prima en las etapas posteriores y en el caso de su transportación a grandes distancias disminuye el volumen y reduce el costo por unidad de carga.

4.4.5.2 Molienda

Este proceso se puede llevar o no cabo, dependiendo de cómo se quiera comercializar, la Grana Cochinilla entera o en polvo.

Se procede a la molienda con el fin de reducir de tamaño al material seco, lo que aumenta la penetración del solvente extractor en el sólido y por lo tanto se incrementa la cantidad de sustancia extraída.

El equipo utilizado para la molienda del material depende de su dureza, de la carga y el tamaño de partícula que se desea obtener.

4.4.5.3 Almacenamiento

En caso de comercializar la Grana Cochinilla entera se puede ser envasada en sacos secos elaborados de lienzo u otras fibras naturales como el de yute de manera que exista la circulación de aire para minimizar la contaminación por microorganismos; o en tambores de 50 kg hechos de cartón prensado con aros metálicos que permiten que la cochinilla no se dañe. La grana molida se almacena en bolsas de polietileno con cierre hermético o en cualquier otro material impermeable al agua, para evitar su rehidratación y los riesgos de desperdicios; procurando dejar en contacto con la cochinilla la mínima cantidad de oxígeno posible.

Algunas ventajas de la producción de la grana cochinilla es que es un producto no perecedero que puede almacenarse hasta lograr un volumen importante para su comercialización, una vez seca y clasificada.

Se almacena a temperaturas inferiores a 20°C y humedad relativa menor de 50%. Algunos países prefieren comprar la grana cochinilla y ellos darle el proceso para la obtención de diversos tipos de colorantes. En estas condiciones, la grana puede ser exportada a las diferentes empresas del mundo.

4.5 Métodos de Obtención del Rojo Carmín

Briseño propuso un método para calcular el rendimiento del ácido carmínico, consiste en el análisis químico del ácido carmínico, el cual fue empleado en el estudio de Aldama-Aguilera et *al.*, 2005 para comparar el rendimiento de cada periodo de producción de grana cochinilla. 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)

Los productos derivados de la cochinilla pueden obtenerse como extractos acuosos, extractos alcohólicos colorante de cochinilla, soluciones de carmín, este último se pueden utilizar para las metodologías alemana, japonesa, americana o la inglesa, estas metodologías son usadas para colorear alimentos con ácidos de frutas debido a que son estables para este tipo de tintes (Bustamante, 1985).

En una investigación de Agreda-Rodríguez, 2009 donde se estudiaron los métodos de obtención del ácido carmínico, da a conocer los 3 mejores, se enlistan a continuación:

4.5.1 Métodos para la obtención de extracto alcohólico:

4.5.1.1 Extracto colorante con carbonato de potasio

Los extractos alcohólicos de grana cochinilla son colorantes de color rojo, que contienen hasta 50% de ácido carmínico, dependiendo de las condiciones ambientales de la grana cochinilla; se obtienen por extracción con alcohol. Estos extractos se utilizan para la preparación de concentrados líquidos o en polvo.

Equipo y Reactivos

- ❖ 15.62 mL de agua desmineralizada
- ❖ 0.17 g de carbonato de potasio
- ❖ 3.12 g de cochinilla molida
- ❖ 9.37 mL de alcohol etílico
- ❖ 31.25 g de Jarabe (14.37 g de azúcar y 16.88 g de agua)

A 15.62 mL de agua se le añade el carbonato de potasio, alcohol y cochinilla. Se calienta 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.

4.5.2 Métodos de extracción de ácido carmínico en cristales.

Se basan en su concentración y cristalización a partir de un complejo metálico precipitado de una extracción acuosa de la cochinilla:

4.5.2.1 Método Alemán:

Equipo y reactivos:

- ❖ 93.75 mL de agua desmineralizada

- ❖ 3.12 g de cochinilla molida
- ❖ Solución de laqueado (343.75 mL de de agua, 1 g de sulfato doble de aluminio y potasio).
- ❖ Molino de martillos

Se agrega los 3.12 g de cochinilla a los 93.75 mL de agua desmineralizada, se pone 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 calienta 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.

- Extracción de carmín o laca de cochinilla para la preparación de carmín de cochinilla, tiene la siguiente secuencia: Selección de la cochinilla, pulido, molienda y análisis químico del contenido de ácido carmínico.

4.5.2.2 Método de Carré:

Equipo y reactivos:

- ❖ 93.75 mL de agua desmineralizada
- ❖ 1.5 g de carbonato de sodio
- ❖ 1.75 g de ácido cítrico
- ❖ 3.12 g de cochinilla molida
- ❖ Solución de laqueado (343.75 mL de agua desmineralizada y 2 g de sulfato doble de aluminio y potasio).
- ❖ Molino de martillo

Se pone a ebullición los 93.75 mL de agua desmineralizada, 1.5 g de carbonato de sodio, 1.75 g de ácido cítrico, 3.12 g de 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.

4.6 Comercialización

Desde 1976 la demanda de la cochinilla nuevamente ha venido en aumento debido a la prohibición de algunos colorantes químicos artificiales potencialmente tóxicos y alérgenos, al día de hoy la demanda mundial es mayor a 1000 toneladas anuales, lamentablemente México ya no produce cochinilla para exportar como lo hizo durante siglos, lo cual permitió que países como Francia, algunos de Centro-Sudamérica y otros de África comenzaran con la producción masiva, y otros más como Perú, (que produce 720 t año), Chile (106 t año) e Islas Canarias (30 t año) acapararan el mercado mundial de la grana (Pérez-Sandi et *al.*, 2001), estos últimos son los principales productores y exportadores (Campos-Figueroa et *al.*, 2003) y han ocupado a la grana como un importante motor de su economía ya que en los últimos años los precios de la cochinilla en el mercado internacional han variado entre 11 a 120 dólares el kg (Pérez-Sandi et *al.*, 2001).

Los principales países importadores de cochinilla son Estados Unidos, Alemania, Japón, Francia, Suiza, el Reino Unido y México.

Si se selecciona un buen sistema de cría y se combina con materiales de la región y con mano de obra familiar los ingresos serán considerables, pues los costos de inversión y producción se reducirán significativamente (Alquino G., SAGARPA). También existe un mercado artesanal que puede ser cubierto por pequeños productores.

Si se tiene en cuenta que en la misma partida de exportación de la cochinilla seca se incluye diversas calidades, diferentes precios y que las proporciones exportadas dentro de la partida cochinilla seca pueden tener variaciones significativas, se presenta el cuadro del Valor Promedio del kilogramo de cochinilla seca.



Figura 7. Fuente: <http://www.aduanet.gob.pe/aduanas/informae/estadisticasComExt.htm>. Año 2011

Como se observa en la la Figura 7, hasta fines del año 2009 el Valor Promedio del kilogramo de cochinilla seca estuvo en US \$ 20 dólares el kilo, de allí en adelante el precio subió pero con una caída importante a fines del 2010, luego se recupero y alcanzó su pico en febrero del 2011 y desde allí viene bajando.

En enero del año 2011 el kilogramo de cochinilla seca fue de US \$ 118.15 y en febrero llegó al pico de US \$ 147.80, en septiembre el precio fue de US \$ 67.33 dólares.

Los Especialistas de Comercio Exterior señalan que el incremento del precio de la grana cochinilla y del ácido carmínico se deben a que se ha comprobado científicamente que los colorantes artificiales tienen efectos adversos contra la salud, de esta forma se ha observado una

creciente demanda de los colorantes naturales a nivel mundial, situación que debe ser aprovechada por México.

Las tendencias en el mercado internacional en los últimos años apuntan a la utilización de productos naturales, situación que debe ser aprovechada por México. La existencia de un mercado es propicia para identificar las oportunidades de inversión, por su rentabilidad así como la orientación a los productores de grana cochinilla para la generación de empleos tanto en el frente productivo como en el industrial.

En el caso de México la producción es insignificante con relación al mercado mundial, ya que se estima una producción de 100 kilos anuales de grana, no se ha logrado organizar la producción de grana para su posible industrialización, como lo ha hecho Perú, aunque los intentos por difundir y rescatar el cultivo de la cochinilla han sido varios. En la década de los años setenta el Instituto Nacional Indigenista y otras instituciones gubernamentales como el Comité Promotor de Desarrollo Socio-Económico del Estado de Oaxaca, los Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial, etc. lo fomentaron en la región. Aparentemente, no se logró mucho del esfuerzo realizado, tal vez porque no se hizo la promoción adecuada o no se tomaron en cuenta los conocimientos tradicionales; o quizá por algo muy importante, las cuestiones burocráticas, la presentación de documentos, recibos, etc., trámites que no pudieron llenar los campesinos y que terminaron con las buenas intenciones.

Otro factor que limita el desarrollo de la cría de la cochinilla en México es la variabilidad de los precios internacionales, hecho por las fluctuaciones extremas y su impacto sobre el establecimiento de la producción, en especial cuando el valor se encuentra en los niveles más bajos. Los principales requisitos para llevar a cabo la producción de cochinilla a nivel competitivo en México, es necesaria una mayor

inversión a fin de evitar dificultades anteriores citadas respecto a las de los países líderes.

Actualmente existe una asociación a nivel mundial que apoya los proyectos relacionados con el cactus, entre ellos a México en la producción de la grana cochinilla. Fue creada en 1993 llamada FAO-ICARDA CACTUSNET (*Cooperación Técnica Internacional sobre Cactus*), en la actualidad, coordinado por el Dr. Científico Ali Nefzaoui, ha apoyado las iniciativas regionales, interregionales o mundiales en Angola, Argentina, Chile, Italia, México, Perú, la República de Sudáfrica y Túnez para la realización de reuniones técnicas, congresos, simposios y talleres. A través del Programa de Cooperación Técnica (PCT) de la FAO - ICARDA ha dado asistencia técnica para mejorar el cultivo de cactus y su utilización, también han expresado su interés de contar con el apoyo FAO-ICARDA/TCP. Se establece sobre una base voluntaria, tiene varios objetivos:

- Recopilar y difundir información sobre la producción y plantación de comercio y los mercados, la investigación de cultivos, post-cosecha y procesamiento y la cochinilla de nopal.
- Cooperar en la recolección, conservación, intercambio, evaluación y utilización de germoplasma de los avances, el monitor y la utilidad de estos intercambios.
- Promover los beneficios ecológicos y sociales de nopal.
- Desarrollar nuevos alimentos y los usos de ácido carmínico.
- Intercambiar experiencias y organizar cursos de formación, talleres y reuniones de expertos con el fin de mejorar la capacidad técnica de las instituciones individuales.

Esta asociación podría ser de gran utilidad para el impulso de la producción de la grana cochinilla y el ácido carmínico a nivel Nacional en nuestro país.

Los estudios de mercado formarán parte ineludible, no solo como base de las estrategias de comercialización, sino del posible éxito en la decisión de instalación de una industria. Deberán hacerse con cierta frecuencia a fin de auscultar los cambios que se van produciendo en ellos, sobre todo en los mercados más dinámicos. Un estudio acerca del mercado actualmente existente para la cochinilla y para los diversos colorantes de ella obtenidos fue publicado por Sáenz *et al.*, 2004. Cabe resaltar lo variable que ha sido este mercado en los últimos 15 años y lo riesgoso que puede ser incursionar en el mismo, desde el punto de vista económico, sin tomar las precauciones necesarias para asegurar la sostenibilidad de la iniciativa.

En México actualmente existe un fuerte interés en el impulso de la producción de la grana y del colorante ácido carmínico. El Gobierno Federal, a través del Fondo Nacional de Apoyos para Empresas en Solidaridad (FONAES) ofrece opciones productivas integrales que den respuesta al creciente empobrecimiento de los campesinos mexicanos. Con un documento llamado "Modelo productivo de Negocio Replicable: Producción Intensiva de Grana Cochinilla" que constituye un esfuerzo para alentar la producción de la grana cochinilla en México como una opción real de negocio, alternativa económicamente viable y que cuenta con el potencial de mejorar las condiciones de vida de la población de bajos recursos, especialmente para las mujeres, en virtud de ser una actividad productiva altamente generadora de ocupaciones e ingresos y que requiere del trabajo femenino para potenciar sus ventajas competitivas.

Para el desarrollo del modelo el FONAES apoyará con capital de inversión y con capital de trabajo a la población, objetivo que cumpla con los requisitos para ser beneficiaria y cubra con el perfil para implementar el modelo; así mismo, una vez que el proyecto se encuentre en operación, podrá brindar apoyos para el fortalecimiento

del negocio tales como acompañamiento de asistencia técnica, capacitación y asesoría, entre otros.

Este Modelo se basa en la experiencia que tiene la empresa social apoyada por FONAES denominada "Campo Carmín" para la producción de nopal y grana cochinilla.

Esta empresa, durante más de siete años, se ha dado a la tarea de aumentar la producción y productividad de la grana cochinilla de manera intensiva y controlada bajo condiciones de invernadero, proceso que ha realizado a través de la experimentación y una intencionada mejora continua; para ello, ha contado con el respaldo de instituciones de investigación y de los gobiernos Estatal y Federal.

De acuerdo con un proyecto de investigación económica respecto a la rentabilidad de la producción de la Grana Cochinilla elaborado por Coronado, 2011; con los costos de producción y la inversión este proyecto sólo es rentable si la producción aumenta a 2000 kg por ciclo, situación que no es real debido a que los invernaderos únicamente tienen la capacidad para producir 1100 kg trabajando al 100%. Si se considera la inversión en terreno a 80 mil pesos, área suficiente para soportar un invernadero con capacidad para 70 mil cladodios y un almacén, y se trabajará de forma ideal al 100 % con únicamente cuatro jornales, el proyecto sería rentable económicamente.

Como el precio de la grana cochinilla fluctúa entre 10 y 100 dólares kg desde hace varios años, solo sería rentable el proyecto planteado cuando el precio sea igual o mayor a 30-42 dólares, si los invernaderos se utilizaran a toda su capacidad (Coronado 2011).

4.7 Tendencias en el Ácido Carmínico

La tendencia actual en las diversas industrias donde se usan colorantes, ya sea para alimentos, productos farmacéuticos y textiles, es de utilizar colorantes naturales, debido a las restricciones sanitarias que existen para los colorantes sintéticos, en especial los de color rojo, debido a que algunos son considerados nocivos para la salud ya que provocan alergias e incluso cáncer en el ser humano.

Actualmente la demanda de cochinilla en los mercados internacionales es creciente por lo que su cultivo es una opción de mercado altamente competitiva.

En 1997, México comenzó a aumentar de manera significativa las importaciones de cochinilla y en la actualidad es considerado como el segundo mayor usuario de carmín. Este comportamiento es notable, si esta situación se llevará a cabo en otros países (como Estados Unidos o China), la demanda aumentará para convertirse en una mejor producción y situación del mercado. Para todas aquellas personas que están de acuerdo con este insecto, el reto es conocer las ventajas antes otras opciones de tinte, y al lado de la generación de conocimiento y conciencia sobre este tema para preparar un fondo adecuado para una legislación justa en favor de la cochinilla (Portillo, et al., 2002).

Se puede decir que ningún estudio ha asociado el consumo de colorantes con el origen del Trastorno de Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) como padecimiento crónico. Lo que se ha establecido es que el consumo de estos colorantes agudizan el problema de quienes sufren este padecimiento, además de que puede provocar hiperactividad y/o déficit de atención en niños que no sufren este padecimiento.

Algunas empresas respondieron a la prohibición voluntaria, pero la mayoría de las grandes empresas transnacionales se han negado. Se observa que en la medida que las autoridades exigen, la industria responde, pero mientras no haya una exigencia, la industria no hace modificaciones. Tal es el caso de Danone, que ha retirado estos colorantes de sus productos en el mercado en la Unión Europea, mientras que los mantiene donde los gobiernos no actúan, como es el caso de México (Calvillo et *al.*, 2011).

5 Discusión

Los colorantes son aditivos de suma importancia en la industria de alimentos porque mejoran la apariencia de productos. Los cambios en el color de los alimentos puede deberse a que fueron sometidos a tratamientos térmicos, variaciones fisicoquímicas, efectos bioquímicos o simplemente porque son carentes de un color por su origen.

La importancia de sustituir los colorantes artificiales por naturales se debe a que en diversos estudios se ha demostrado que los artificiales tienen daños adversos contra la salud como cáncer, alergias, TDAH, entre otras (Mc Cann, 2007; Kobylewski, 2010; Calvillo, 2011).

Los colorantes artificiales están presentes en las diferentes categorías de alimentos procesados, es notable que se adicionan con mayor proporción en pastelillos y postres. Esto puede repercutir en la salud de los consumidores, principalmente menores de edad, pues se ha asociado a trastornos de TDAH (Mc Cann, 2007; Calvillo, 2011).

La presencia de colorantes artificiales en productos que generan hiperactividad y déficit de atención, en las escuelas dificultan el proceso de enseñanza ya que provocan en los niños falta de atención.

Es recomendable que la Secretaria de Salud, encargada de la autorización de los alimentos que se venden en el mercado, realice un seguimiento frecuente de los productos alimenticios que se ofertan principalmente en las escuelas para evaluar que no estén repercutiendo en la salud de los consumidores, en este caso de los infantes.

Es importante que los productos que contienen colorantes artificiales informen al consumidor con una leyenda precautoria que pueden causar daños adversos contra la salud como se ha hecho en otras

partes del mundo, los colorantes que contiene y los efectos que pudieran tener.

Actualmente los consumidores en muchas partes del mundo, demuestran cada vez mayor preocupación por la conservación de su salud, buscan proveerse de productos inocuos y de ser posible saludables por lo que su preferencia de consumo se orienta a productos de origen natural.

Una de las principales características de los colorantes naturales es que al hacer uso de ellos permite obtener a los productores de alimentos etiquetas limpias, es decir, los colorantes naturales están exentos de certificación lo que les permiten competir con éxito con los de origen químico que persiguen los mismos objetivos pero que a diferencia de los naturales su uso está limitado por el posible riesgo contra la salud. De esta forma el productor tiene un campo más amplio de venta en el mercado a nivel mundial siendo aceptado por las normas de seguridad y calidad de los diferentes países de una forma más rápida.

La grana se produce comercialmente en Bolivia, Chile, España, México y Perú (Gallegos-Vázquez et al., 2000), siendo este último país el mayor productor y exportador. Debido a la creciente demanda de *D. coccus Costa* como fuente de colorante natural se ha introducido a otros países (Condeña, 1997) que tienen condiciones agroecológicas aptas para la cría intensiva de este insecto.

Aún cuando en México, desde hace más de diez años se han realizado trabajos de investigación biológica acerca del comportamiento de la cochinilla, de su ciclo de vida, de la manera óptima de obtener cultivos eficientes y se han establecido campos experimentales, no se ha logrado el impulso de la producción comercial. Actualmente en nuestro país sólo se produce a pequeña escala en sitios dispersos en

el territorio nacional; si la producción nacional no ha alcanzado nunca a satisfacer la demanda del mercado interno, menos aún la de países como Estados Unidos, Japón, Francia, Alemania, entre otros.

Para dimensionar las posibilidades productivas y comerciales de la grana cochinilla es necesaria, sin duda, el conocimiento del comportamiento del mercado nacional e internacional, a fin de identificar las oportunidades y los retos que presenta este cultivo para nuestro país.

Los primeros indicios del mercado internacional reflejan una demanda creciente tanto de cochinilla seca, como de sus derivados y la expectativa de un potencial para su desarrollo.

Geográficamente, México cuenta con las condiciones adecuadas para el impulso de la producción de grana ya que más de la mitad del territorio se define como correspondiente a zonas áridas y semiáridas que son aptas para el cultivo del nopal y por lo tanto de la cochinilla. Para la producción de grana cochinilla se requiere un cultivo intensivo y cuidadoso de la grana fina que implica limpiar, seleccionar y recolectar a mano a los insectos penca por penca.

El gobierno mexicano está aportando un interés significativo con apoyo de orientación y económico para la producción de grana cochinilla por medio del sistema "Campo Carmín" que es el que ha dado mayores resultados. Si se le da seguimiento a la producción de este recurso natural en zonas áridas y semiáridas con población en pobreza extrema podría mejorar tanto la economía de estas familias con menos oportunidades como la del país y de esta forma empezar a posicionar al país como uno de los principales exportadores de grana cochinilla.

Es importante tomar en cuenta la variación del precio en el mercado del ácido carmínico, para que pudiera ser rentable es necesario que oscile entre los \$30-42 dólares (Coronado 2011).

La Unión Europea, así como Estados Unidos y que la legislación de otros países están prohibiendo los colorantes artificiales debido a que se han comprobado los efectos adversos contra la salud, esta situación se está reflejando en la creciente demanda a nivel mundial y el incremento de precio tanto de la grana cochinilla como del ácido carmínico según un reporte de los Especialistas de Comercio Exterior de Perú. Esta posición aumenta la posibilidad de que el precio se encuentre dentro del considerado para que la comercialización del colorante y la materia prima sea rentable.

6 Conclusiones

- La implementación de proyectos que ayuden a aumentar el cultivo de la cochinilla y la producción del ácido carmínico pueden llegar a beneficiar la economía de poblaciones mexicanas que se encuentran en pobreza extrema.
- El método con el cual se obtiene cochinilla de primera calidad, 87% del total de la cochinilla, es "Microtúneles con cubierta de plástico" propuesto por Aldama-Aguilera et al., 2005
- Los mejores métodos de obtención del ácido carmínico con un buen rendimiento son: extracto colorante con carbonato de potasio, extracción de carmín o laca de cochinilla por el método de Carré y por extracción de ácido carmínico en cristales con el método alemán.
- La rentabilidad económica de la producción de la cochinilla es de 30 - 42 Dlls, en condiciones de invernadero a toda su capacidad.
- En 1997, México comenzó a aumentar de manera significativa las importaciones de cochinilla y en la actualidad adquiere el 7% de carmín de la producción total, razón por la cual aumenta la importancia de ser un productor de ella.

7 BIBLIOGRAFÍA:

- Aldama-Aguilera C., Llanderal-Cázares C., 2003. Grana cochinilla: comparación de métodos de producción en penca cortada. *Agrociencia*, vol. 37; pp:11-19.
- Aldama-Aguilera C., Llanderal-Cázares C., Soto-Hernández M., Castillo-Márquez L.E. 2005. Producción de grana-cochinilla (*Dactylopius coccus Costa*) en plantas de nopal a la intemperie y en microtúneles. *Agrociencia*, vol. 39. Pp:161-171
- ALNICOLSA del Perú S.A.C. Página de internet consultada en <http://taninos.tripod.com/Cochinilla.htm> Consultado el [26/06/12](#) el 25/06/12.
- Aquino G., SAGARPA. S/año de publicación. Producción de grana cochinilla. Revista de Sistema de Agronegocios de Traspatio. Colegio de Postgraduados. Pp:1-8. Consultado el 01/05/12 en http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichas_aapt/Producci%C3%B3n%20de%20Grana%20Cochinilla.pdf
- Blázquez J. 2011. Uso y abuso de colorantes alimentarios de naturaleza sintética. Algunos aspectos de interés para el consumidor. Pp: 1-2.
- Borror D.J., DeLong D.M., Johnson N.F., 1989. An Introduction to the Study of Insects. 6ta Edición. Saunders College Publishing. USA. Pp: 875.
- Briseño G. 2001. Contenido de ácido carmínico en la grana cochinilla (*Dactylopius coccus Costa*) en relación con su edad y fecundación, e influencia de la clasificación y secado. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto de Fitosanidad. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 80 p.
- Bustamante O.F., 1985. Cochinilla y producción agrícola en Perú. *In* Congreso Nacional de Tuna y Cochinilla. Resumen de los trabajos presentados. Lima, Perú, UNACH. Pp: 170-182.

- Calvillo A.; Cabada X., Guzmán Julio A. 2011. "Presencia de colorantes en alimentos y bebidas que se venden en las escuelas asociados a cambios de conducta en los niños" Revista Consumidores. Pp: 3-11. México, DF.
- Campos-Figueroa M., Llanderal-Cázares C. 2003. Producción de grana cochinilla *Dactylopius coccus* (Homoptera: Dactylopidae) en invernadero, Agrociencia. Colegio de Postgraduados Texcoco, México pp: 149-155.
- Codex Stan 192-1995. Norma General del Codex para los Aditivos Alimentarios. Pp: 1.
- Condeña A., 1997. Manejo integral de la tuna y cochinilla para los valles interandinos de la sierra peruana. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú. Pp:66
- Coronado-Flores V. 2011. Efecto de la fertilización de nopal (*Opuntia ficus-indica*) sobre la productividad y calidad de grana cochinilla (*Dactylopius coccus costa*). Tesis de Maestría en Ciencias . Puebla, Puebla. Pp: 10-28.
- Cubero N., Monferrer A. Villalta J. 2002. Aditivos Alimentarios. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. Pp: 21-23, 48-49.
- Eisner T., Nowicki T. 1980. "Red cochineal dye (carminic acid): its role in nature". Science 208. Pp: 1039-1041.
- Ershoff BH. Effects of diet on growth and survival of rats fed toxic levels of tartrazine (FD&C Yellow No.5) and sunset yellow FDF (FD&C) Yellow No.6). S/año de publicación. Pp:822-828.
- Especialistas de Comercio Exterior. Consultado el 03/05/12 en http://www.exportandoperu.com/NoticiasExportandoPeru/988/7/Peru_exportara_cochinilla_por_250_millones_este_ano_creciendo_en_19-porciento- Anuncia Adex-.html
- Dirección de Operación y Seguimiento de la Dirección General de Impulso Productivo de la Mujer y Grupos Vulnerables. 2012. Estudio para el Desarrollo del Modelo de Negocio Replicable: Producción Intensiva de Grana Cochinilla en condiciones de invernadero. México, DF. Pp: 2-6.

- Feinstein L., Sabates R., Sorhaindo *et al.* 2008. Dietary patterns related to attainment in school: the importance of early eating patterns. Pp:734-740.
- Flores-Flores V., Tekelenburg A. 1995. Dacty (*Dactylopius coccus* Costa) dye production. *En: Agro-ecology, Cultivation and Uses of Cactus Pear.* FAO Plant Production and Protection Paper 132. Rome, Italy. Pp: 167-185.
- FDA, US 1995. Hrs 21 CFR CHAPTER 1 (4-1-95).
- FDA, US. 2007. Reglamento de estándares para tintes, pinturas y lacas de productos alimenticios. Consultada el 1/05/12 en <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/col-toc.html>.
- Food Standards Agency (FSA), 2008. <http://www.food.gov.uk/safereating/chemsafe/additivesbranch/colours/colourfree/manufacturers>. Consultada el 01/05/12.
- FSA advice to parents on food colours and hyperactivity, 2010. <http://www.food.gov.uk/safereating/chemsafe/additivesbranch/colours/hyper/>. Consultada el 01/05/12
- Frenk-Mora J.J. 2006. Acuerdo por el que se determinan las sustancias permitidas como aditivos y coadyuvantes en alimentos, bebidas y suplementos alimenticios. Secretaria de Salud, México, D.F. Pp: 45.
- Gallegos-Vázquez C., y Méndez-Gallegos S. de J. 2000. La tuna. Criterios y Técnicas para su Producción Comercial. Universidad Autónoma Chapingo, Colegio de Postgraduados-Fundación Produce-Zacatecas A.C. Ed. México. Pp: 13.
- García-Gutierrez V.R. 2008. Evolución de compuestos funcionales durante la maduración de frutos *Opuntia stricta*. Universidad Politécnica de Cartagena, Colombia. Pp: 9-16.
- González M., Bárcenas N., Aquino G., Valdez J. M., M. Ortega L., Ramírez I. 2002. Cultivo *in vitro* de células embrionarias de cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) a diferentes pH. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. Pp: 209-212.

- Hernández-Hernández F. de la C., García-Gil F., del Río I., Lanz H., 2005. La cochinilla fina del nopal, colorante mexicano para el mundo. Ciencia Octubre-Diciembre. pp: 78-86.
- <http://www.aduanet.gob.pe/aduanas/informae/estadisticasComExt.htm>. Consultada el 01/05/12.
- <http://www.proyectosperuanos.com/cochinillas.html>. Consultada el 01/05/12.
- Ibáñez F., Torre P., Irigoyen A. 2003. Aditivos Alimentarios. Artículo de Universidad Pública de Navarra. Pp:3-4
- JECFA 59ª 2002. Carmines, *Prepared at the 55th JECFA (2000) and published in FNP 52 Add 8 (2000), superseding specifications prepared at the 44th JECFA (1995) and published in FNP 52 Add 3 (1995). Metals and arsenic specifications revised at the 59th JECFA (2002).*
- JECFA 59ª 2002. Allura Red AC. Prepared at the 28th JECFA (1984), published in FNP 31/1 (1984) and in FNP 52 (1992). Metals and arsenic specifications revised at the 59th JECFA (2002).
- Kobylewski S., Jacobson M.E. 2010. Center of Science for the Public Interest. Food Dyes, Rainbow of Risk. University of California, Los Angeles, USA. Pp: 9-38.
- Llanderal C., y Nieto R. 2001. Características biológicas de la grana cochinilla del nopal (*Dactylopius coccus* Costa). *En*: Llanderal C., y Nieto R. Producción de Grana Cochinilla. Colegio de Postgraduados. México. pp: 23-30.
- Llanderal C., y Campos M. 2001. Sistemas de producción de la grana cochinilla. *En*: Producción de Grana Cochinilla. Llanderal C., C. y R. Nieto H. (eds). Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México, México. pp: 61-67.
- McCann D., Barrett A., Cooper A., Crumpler D., Dalen L., Grimshaw K., Kitchin E., Lok K., Porteous L., Prince E., Sonuga-Barke E., O Warner J., Stevenson J., 2007. Food additives and

- hyperactive behavior in 3 year old and 8/9-year-old children in the community: a randomized, double-blinded, placebo-controlled trial. Artículo publicado vía internet. Pp: 1-7
- Méndez S. J., Aquino G., Martínez J.J. 1994. El cultivo de la Grana Cochinilla en el Altiplano Potosino-Zacatecano. *Agroproductividad* 2. pp: 7-14.
 - Méndez-Gallegos S. de J., Panzavolta T., Tiberi R.. 2003. Carmine cochineal *Dactylopius coccus* Costa (Rhynchota: Dactylopiidae): Significance, production and use. *Agrociencia* Vol. 44. Pp:165-171.
 - Molina V., Vaca D. 2007. Obtención del Ácido Carmínico y la Laca Rojo Carmín a Partir de la Cochinilla. Tesis de Licenciatura. Escuela Politécnica Nacional. Quito, DM. Pp: 20-29
 - Obón J.M., Castellar R., Cascales J.A., Almela L., Fernández-López J.A. 2003. Propiedades multifuncionales del higo. CEE Limencop, S.L., Orihuela, Alicante Pp: 229-232.
 - Pérez-Sandi, Becerra. 2001. La cochinilla. *Biodiversitas*. Pp:2
 - Portillo L. 1995. Los hospederos de las cochinillas del carmín (*Dactylopius* spp.) y algunas consideraciones sobre su aprovechamiento. *En: Pimienta B. E. et al. Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal*. Universidad de Guadalajara, México. pp. 62-65.
 - Portillo, Viguera A.L. 2002. México before the worldwide production of cochineal. *Acta Hort*. 728: Pp: 49-255
 - Real Decreto 2001/1995 de 7 de Diciembre de 1996. Consultado el 01/05/12 en http://noticias.juridicas.com/base_datos/Admin/rd2001-1995.html.
 - Sáenz C., Corrales J., Aquino G. 2002. Nopalitos, mucilage, fiber and cochineal. *En: P.S. Nobel Cacti: Biology and uses*. Universidad de California, Los Angeles. Estados Unidos de America. pp: 211-234.

- Sáenz C., Garrido J., Carvallo M. 2004. Colorantes naturales derivados de la cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa). Aliment. Latinoamer. 251. pp: 56-62.
- Santibañez-Woolrich, 1990. Ciclo biológico, cultivo y aprovechamiento de la cochinilla del nopal *Dactylopius coccus* Costa en el municipio de Villa Díaz Ordaz, Tlacolula. Informe de Servicio Social. Universidad Autónoma Metropolitana. Pp:149
- Viguera. G., Portillo L. 2001. Factores limitantes en el cultivo de la grana cochinilla. *En: Producción de Grana Cochinilla.* Llanderal C., C. y R. Nieto H. (eds). Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México, México. pp: 79-91.
- Voith M., 2008. Coloring Food, Naturally. Chemical and Engineering News. 86:50. Pp: 18-19.
- Wiles N.J., Northstone K., Emmett P. *et al.* 2009 "Junk food" diet and childhood behavioural problems: Results from the ALSPAC cohort. Revista 63, vol.4 Pp: 491-498.