



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE QUÍMICA

**COLORANTES NATURALES DEL VALLE DEL
MEZQUITAL UN ESTUDIO PARA SU APLICACIÓN
COMO TINTES TEXTILES**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

Q U Í M I C O

P R E S E N T A :

JOSÉ RICARDO HERNÁNDEZ LEE



MÉXICO, D.F.

2009



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: Profesor: Gustavo Garduño Sánchez

VOCAL: Profesor: Norah Barba Behrens

SECRETARIO: Profesor: Martha Elena Sosa Torres

1er. SUPLENTE: Profesor: Marcos Flores Álamo

2° SUPLENTE: Profesor: Fernando Cortés Guzmán

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA: _____

Santuario de Mapethé, Cardonal, Hidalgo

ASESOR DEL TEMA: GUSTAVO GARDUÑO SÁNCHEZ

(nombre y firma)

SUSTENTANTE : JOSÉ RICARDO HERNÁNDEZ LEE

(nombre (s) y firma (s))

ÍNDICE

Introducción	1
1. Acerca del color	5
2. Colorantes	10
2.1. Colorantes sintéticos	10
2.2. Tintes naturales	13
2.2.1. Esbozo histórico	13
2.2.2. Obtención de colorantes naturales	16
3. Estructura química de la lana	25
4. Mordientes o fijadores	31
5. Procedimiento experimental	34
6. Resultados y discusión	46
7. Conclusiones y recomendaciones	54
8. Bibliografía	56

Colorantes naturales del Valle del Mezquital. Un estudio para su aplicación como tintes textiles.

INTRODUCCIÓN

El Valle del Mezquital es una región que se caracteriza por su aridez en las partes bajas que contrasta con los bosques de pino en las cimas de sus montañas. Comprende 28 municipios del estado de Hidalgo y se le considera una extensión de la Cuenca del valle de México. Tiene una extensión de 8770 km². Limita al norte y al oeste con el estado de Querétaro; al oriente con Pachuca y al sur con el estado de México.

Es una sucesión de pequeños valles en los que las lenguas predominantes son el hñá hñu y el español. Es este rasgo el que define al Mezquital más allá del límite geográfico, pues el idioma y las costumbres de sus habitantes exceden las dimensiones físicas de los valles hasta las cimas de los cerros que los circundan.

En esta zona de arraigadas tradiciones se mantienen vivos oficios perdidos ya en otras regiones. Uno de ellos es el de *obrajero*. El diccionario de la Lengua Española¹ define un *obraje* como una obra hecha a mano o a máquina, y también al lugar en el que se labran paños. Un obrajero es la persona que trabaja en un taller confeccionando prendas. Un obrajero teje lienzos de lana. La comunidad de Santuario de Mapethé pertenece al municipio de Cardonal y es reconocida en la región por la buena calidad en los tejidos que sus obrajeros elaboran.

Hoy quedan pocos de estos artesanos en activo, y en la lucha constante por la permanencia de su oficio e identidad han introducido técnicas modernas en su trabajo, como lo son el hilado mecánico y el teñido de sus hilos con colorantes sintéticos.

En la primera mitad del siglo XX utilizaron colorantes ácidos que necesitaban soluciones de ácido sulfúrico para su aplicación,

¹ Se puede consultar la vigésimo segunda edición en línea en <http://buscon.rae.es/drae/>

lo que frecuentemente provocaba accidentes dolorosos. Tampoco tenían acceso a una gran variedad de colores, con lo que acabaron abandonando esta técnica.

Posteriormente compraban hilos de colores para elaborar sus textiles, pero éstos son bastante caros y solamente son adquiridos en locales especializados.

Hace dos años incorporaron colorantes azoicos con resultados poco satisfactorios, pues al desconocer las particularidades de los colorantes y de su aplicación no conseguían colores firmes y homogéneos en las fibras.

Para poder trabajar con ellos y resolver las dudas de los artesanos, tuve que estudiar de acuerdo a la guía de sus preguntas:

- ¿Por qué se decolora la lana ya teñida?
- ¿Por qué no se debe hervir la lana?
- ¿Por qué no se obtiene el mismo color en toda la madeja?
- ¿Es posible teñir con plantas?

Algunas de las respuestas se encuentran en libros, otras solamente se pueden resolver mediante la experimentación ordenada, consciente y cotidiana de las técnicas de la tintorería. En esto fue de mucha ayuda que los artesanos comenzaran a llevar un registro escrito de las variaciones que hicimos de las técnicas.

Durante la realización de este trabajo fue posible desarrollar una tecnología de la tinción utilizando los recursos mínimos con que puede contar una cooperativa artesanal.

Aunque en la zona es fácil encontrar algunos recursos naturales para la obtención de tintes para lana, éstos no eran aprovechados por los obreros.

De cualquier manera no se trata de rescatar el conocimiento del uso de estos colorantes (en otras zonas del país se emplean de manera ordinaria) sino de promover la utilización de los recursos de la zona en la realización del trabajo artesanal por parte de la población. Se trata de mantener vigente un conocimiento que forma parte de nuestra identidad cultural.

Los objetivos de este trabajo son

- la identificación y utilización de los recursos bióticos del Valle del Mezquital de los cuales podemos obtener un tinte
- el desarrollo de una metodología para su aplicación en textiles de lana y
- presentar los principios químicos que intervienen en el proceso de tinción

Es así que con la intención de sustituir la compra de colorantes sintéticos iniciamos la identificación, recolección y cultivo de especies de las que fue posible obtener tintes que resultan menos tóxicos y de más fácil acceso. Junto a este trabajo de campo, iniciamos un taller de capacitación en el que los artesanos pudieron aplicar este conocimiento, desarrollando entre todos (facilitador y participantes) la tecnología para aplicar estos colorantes.

Partimos de la hipótesis de que una capacitación basada en el aprendizaje es la mejor forma de incorporar nuevas técnicas al trabajo diario.

El trabajo dentro de un taller se basa en la acción y en el compromiso entre el facilitador y los participantes sobre un proyecto colectivo. El aprendizaje se realiza sobre una guía

flexible fundamentada en el “aprender haciendo”, esto es, en la práctica cotidiana de la tintorería (Lespada, 1989).

La capacitación propuesta es un trabajo que pretende orientar y transformar la realidad mediante el intercambio de conocimientos entre los asistentes. En un taller de capacitación se construye un conocimiento común a todos los asistentes basado en la observación, la experimentación y el análisis colectivo de los resultados. De esta manera se pretende que los asistentes vayan tomando decisiones fundamentadas en el análisis de los problemas y puedan generar acciones para resolverlos. No se trata de una capacitación basada en la transferencia tecnológica sino en el aprendizaje de los asistentes (PNUD, 1987).

Este estudio se divide en una parte teórica que incluye, en el capítulo 1 una breve descripción de la química del color. En el capítulo 2 se incluye una clasificación útil para conocer la estructura química de los colorantes sintéticos y se mencionan las fuentes de los colorantes naturales empleados en este estudio y los usos que tradicionalmente les ha dado la población de Santuario. El capítulo 3 es una descripción de la lana que resalta su composición química para reconocer los cuidados que se deben tener antes de aplicar un tinte. El capítulo 4 es una revisión de las interacciones que se establecen entre las sales empleadas como mordientes y los colorantes en la tintorería. El capítulo 5 es el procedimiento sugerido para el lavado, mordentado y aplicación de estos colorantes en madejas de lana. En el capítulo 6, correspondiente a los resultados y su discusión, se encuentran los colores obtenidos durante la experimentación en el taller. Finalmente se encuentran las conclusiones y la bibliografía empleada en la elaboración de este texto.

Este texto es resultado de un trabajo colectivo en el que la colaboración de Don Liborio Morgado y su familia fue primordial. Les agradezco sinceramente el apoyo y las atenciones brindadas para la realización de este trabajo.

1. ACERCA DEL COLOR

El color resulta de la interacción de la luz con la materia que la absorbe y refleja. La luz visible es la parte del espectro electromagnético que comprende de 380-720 nm. La luz blanca es el resultado de la mezcla de radiación de la zona del espectro que es visible.

El color de un objeto depende de la radiación que pueda absorber y transmitir. Si de la luz blanca un objeto o sustancia absorbe la radiación del intervalo de 605-750 nm, correspondiente al color rojo, se observará de color verde, que es su complementario. A este fenómeno se le llama *síntesis sustractiva del color* y es al que se debe el color de los objetos y sustancias (tintes).

En la tabla 1.1, se muestran las longitudes de onda (λ) en nanómetros (10^{-9} m) que pueden ser absorbidas y el color observable, que sería su complementario (Christie 2003).

Tabla 1.1 Relación entre absorbida y el color observable

Longitud de onda (nm)	Color del espectro absorbido	Color complementario (el observado)
400-435	violeta	amarillo verdoso
435-480	azul	amarillo
480-490	azul verdoso	naranja
490-500	verde azulado	rojo
500-560	verde	morado
560-580	verde amarillento	violeta
580-595	amarillo	azul
595-605	naranja	azul verdoso
605-750	rojo	verde

Otra forma de representación es la rueda o círculo cromático (figura 1.1) en la que se observan los colores del espectro frente a sus complementarios

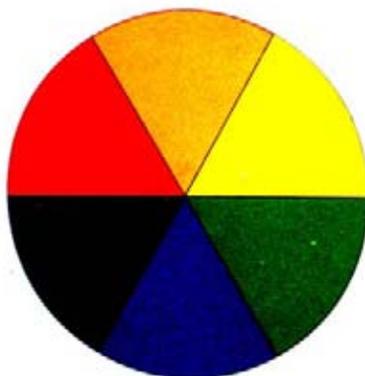


Figura 1.1. El círculo cromático

Un colorante puede caracterizarse por su matiz, brillo e intensidad. Estas propiedades se originan por su interacción con la luz blanca (policromática). Una forma de cuantificar esta apreciación subjetiva del color es mediante el espectro de absorción del tinte, que describe el patrón de la interacción entre la luz y la materia.

Las moléculas de los colorantes absorben energía radiante de la luz visible. Los electrones ubicados en los orbitales moleculares más externos son promovidos a un estado de energía mayor. Esto sucede de manera selectiva por cada tinte. Ya que los estados energéticos están cuantizados, solamente cierta longitud de onda puede excitar a un tinte en específico. El **matiz** de un color está relacionado con el intervalo del espectro visible que pueda absorber.

La **intensidad** de un color está relacionada con su coeficiente de absorción molar (ϵ), es decir, con la capacidad de dejar pasar la luz cuando está en disolución. Representa la posibilidad de que un fotón interactúe con los electrones de valencia en una molécula (en este caso un colorante) y los promueva a orbitales moleculares excitados.

La **viveza o brillo** depende del ancho en las bandas de absorción en el espectro del colorante; los colores más vivos tienen bandas de absorción delgadas, lo que corresponde con su capacidad de absorber luz en un intervalo estrecho de longitudes de onda. Si la banda es ancha, es posible que existan isómeros con máximos de absorción a longitudes de onda cercanas entre sí.

Estas propiedades de los colorantes (tintes y pigmentos) están relacionadas directamente con su estructura química. Los químicos alemanes Graebe y Liebermann hicieron los primeros estudios que relacionaban la estructura de una sustancia con el color que la caracteriza.

En 1867 encontraron que una sustancia perdía su color después de someterla a un proceso de reducción, concluyendo que el color podría atribuirse a las insaturaciones que presentaran las moléculas. Estos experimentos se hicieron después del establecimiento en Inglaterra de la industria de los colorantes sintéticos en 1856.

Witt en 1876 acuña los términos **cromógeno**, **cromóforo** y **auxócromo** para referirse a los grupos presentes en los compuestos responsables del color.

Identificó como cromógeno a la matriz de los compuestos de los que se derivan los colorantes; nombró cromóforo al conjunto de átomos que daban el color a las moléculas y auxócromos a los grupos que lo modificaban, le daban realce y tenían la capacidad de formar sales.

Ya en 1928 los conceptos fueron ampliados por Dilthey y Witzinger, quienes consideraron como idea fundamental que los colorantes fueran sistemas conjugados y observaron que los cromóforos eran grupos que retiran densidad electrónica al sistema mientras que los auxócromos la ceden. En las tablas 1.2 y 1.3 se muestran los principales cromóforos y auxócromos en los colorantes.

Tabla 1.2 Estructuras químicas de los principales cromóforos

Nombre	Estructura
azo	$-N=N-$
carbonilo	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R}_1-\text{C}-\text{R}_2 \end{array}$
nitro	$\begin{array}{c} \text{R} \\ \\ \oplus \text{N} \\ // \quad \backslash \\ \text{O} \quad \text{O}^- \end{array}$
metino	$\begin{array}{c} \text{R}_3 \\ \\ \text{R}_1-\text{C}-\text{R}_2 \end{array}$

Tabla 1.3 Estructuras químicas de algunos auxóchromos

Nombre	Estructura
hidroxilo	$\ominus \text{OH}$
amino	$\text{R}_1-\ddot{\text{N}}-\text{R}_2 \quad (\text{R}=\text{H}, \text{alquilo}, \text{arilo})$
tiol	$\ominus \text{SH}$

Si observamos la estructura química del colorante rojo Congo (figura 1.2), sintetizado en 1883, es posible identificar la forma en que los grupos de auxóchromos y cromóforos pueden encontrarse en los colorantes.

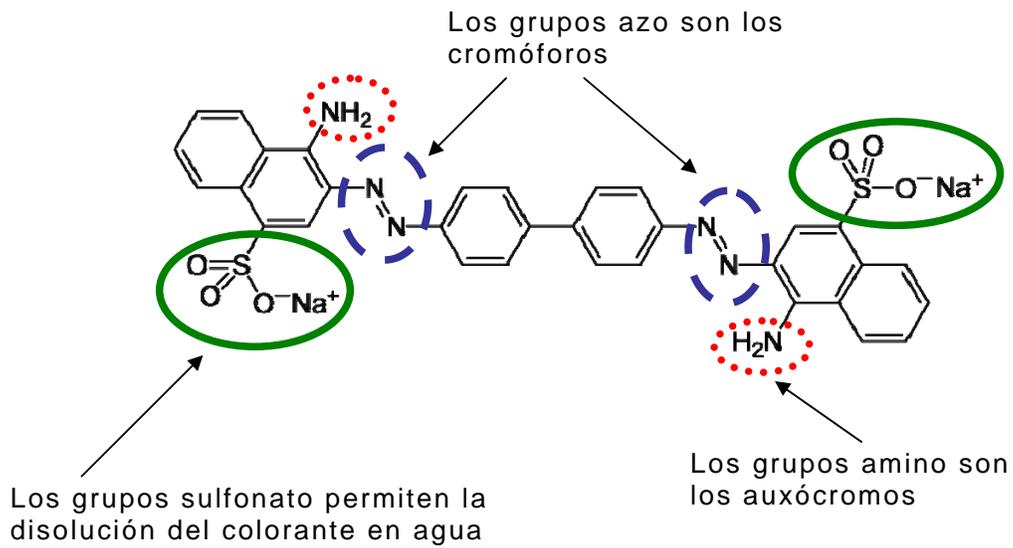


Figura 1.2. Rojo Congo

2. COLORANTES

Por su aplicación es posible diferenciar los colorantes en tintes y pigmentos. Los **pigmentos** son insolubles en el medio en que se emplean, como los esmaltes y las pinturas.

Salvo los colorantes dispersados para poliéster, los **tintes** se aplican disueltos en las preparaciones para teñir. En el caso de los demás textiles, se usan preparaciones acuosas de los colorantes, que se unen químicamente a las fibras. Para facilitar su disolución, las moléculas de tintes suelen tener uno o más grupos sulfónicos o nitro. Un ejemplo de un tinte con un grupo sulfónico aparece en la Figura 1.2.

2.1 Tintes sintéticos

Los **tintes ácidos** son las sales de sodio de compuestos sulfonados y se utilizan en disolución ácida. En este caso las moléculas de colorante forman enlaces iónicos entre fibra y tinte. Además de enlaces iónicos, se establecen interacciones de van der Waals, dipolares y puentes de hidrógeno que mantienen unidos las moléculas de tinte y proteína.

Los **tintes mordientes** pueden formar complejos estables con iones de metales de transición debido a la presencia de grupos hidroxilo en su estructura. Son muy resistentes al lavado y a la luz. El tinte se aplica a la fibra y después se trata con una fuente de iones metálicos, como $K_2Cr_2O_7$. En este caso, el Cr (VI) es reducido por los grupos tiol de la cisteína a Cr(III) y junto con el tinte, se forman compuestos hexacoordinados en los que el colorante funciona como un ligante tridentado (Christie 2003).

Los **tintes premetalizados** son compuestos de coordinación de Cr (III) octaédricos previamente formados. Son colorantes azoicos en los que uno de los átomos del grupo azo forma un enlace con el metal, que por su estabilidad son muy resistentes al lavado y a la luz.

Otro tipo de colorantes que se pueden emplear son los directos y los de tina, que son preferidos para el teñido de fibras

celulósicas, como el lino y el algodón. En el caso de los **tintes directos**, se trata de compuestos diazoicos alargados y planos. Contienen grupos sulfonato para su solubilidad. Se unen a las fibras por interacciones de van der Waals, dipolares y puentes de hidrógeno. Una vez aplicado el tinte es posible dar al textil un tratamiento con Cu (II) para formar complejos tetracoordinados de geometría cuadrada plana (Christie 2003). Esto último se hace con el fin de proporcionar solidez del color a la exposición de la luz; esto es, la brillantez del color permanece por más tiempo.

Aunque para realizar este trabajo no utilizamos **tintes de tina**, vale la pena mencionar que éstos son insolubles y para su aplicación es necesario convertirlos a una forma soluble (llamada *leuco* porque carece de color). Esto se logra mediante un procedimiento previo de reducción con $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$. El tinte en su forma leuco se aplica sobre el textil y conforme se va secando, se oxida recuperando su color.

Tintes de este tipo son el añil (natural y sintético) y el púrpura de Tiro. Este colorante debe su nombre a la antigua ciudad fenicia de Tiro, en la que los tintoreros obtenían este tinte a partir de caracoles marinos de los géneros *Murex* y *Pansa*. De este color se teñían las togas de los ciudadanos más notables de Roma. En México, amuzgos en la costa oaxaqueña continúan usando el tinte que extraen de *Plicopurpura pansa* para teñir sus prendas. Estos tintes son compuestos carbonílicos y casi no tienen grupos funcionales.

Tabla 2.1 Características de los tintes para textiles

Tipo de colorante	Características
Ácidos	Requieren soluciones ácidas para su aplicación
Mordientes	Necesitan iones metálicos para fijarse a las fibras
Premetalizados	Son compuestos de coordinación de Cr (III)
Directos	Compuestos diazoicos solubilizados, no necesitan fijador
De tina	Necesitan reducirse antes de aplicarse

Los tintes sintéticos no se reintegran a la naturaleza fácilmente y su permanencia en el agua y la tierra los convierte en un contaminante persistente en ríos, lagos, mantos freáticos y tierras de cultivo cercanas a centros de manufactura textil. Actualmente se considera que los tintes sintéticos están relacionados con algunos tipos de cáncer.

Las industrias textiles en México consumen grandes cantidades de tintes sintéticos y no siempre dan el tratamiento adecuado a los residuos que generan. Aunque hay estudios que muestran que un tratamiento de las aguas residuales con extractos extracelulares de algunos hongos como la seta (*Pleurotus ostratus*) disminuyen la concentración de algunos compuestos aromáticos como tintes y pesticidas, no es una práctica común su utilización en el tratamiento de residuos de la industria textil (Rodríguez *et al* 1999).

2.2 Tintes naturales

El uso de tintes naturales permite disminuir los costos de la tinción de las fibras pues se pueden extraer de especies silvestres y cultivables. Estos recursos no se encuentran uniformemente distribuidos en el territorio nacional. Los tintoreros de Teotitlán del Valle, Oaxaca, pueden cultivar cochinilla y recolectar bejuco en sitios cercanos pero compran añil a artesanos que lo preparan a partir de la planta (*Indigofera tinctoria*) que crece en la región del Istmo de Tehuantepec.

Este trabajo fue realizado en la zona del estado de Hidalgo conocida como Valle del Mezquital. Por sus características geográficas no es posible obtener de manera natural muchas especies de las cuales poder extraer algún tinte pero sería viable poder introducir en invernaderos y huertas de traspatio algunas de ellas.

2.2.1 Un esbozo histórico

El uso de colorantes naturales era una actividad sistematizada en América antes de la colonización española. En Perú se han encontrado textiles de la cultura Paracas (siglos –VIII a –II) que conservan los intensos colores rojos y dorados que empleaban para teñir hilos de alpaca y algodón (CONACULTA 1991). De los mayas del Clásico (alrededor del siglo +VIII) se conservan restos de huipiles de algodón de colores azul, verde y rojo (Reyes 1993).

Sahagún menciona que existían al siglo XVI tintoreros que vendían hilos de colores rojo, verde, amarillo y azul en tonalidades claras, intensas y jaspeados. En 1777 J.A. Alzate describió las hembras y los machos de cochinilla, su recolección y procesamiento.



Figura 2.1. Imágenes de Alzate de la cochinilla

Con el fortalecimiento de la economía colonialista se establecieron extensas zonas de cultivo de especies para la obtención de tintes que ahora se exportaban a Europa. En Oaxaca se impuso la producción extensiva de grana cochinilla y en Guatemala y el Salvador la de añil. En esta producción se empleaban tierras que anteriormente se destinaban al cultivo de maíz, con lo que las comunidades perdieron la posibilidad de producir su alimento y quedaron en situación de vulnerabilidad en períodos de sequías y epidemias (Espinosa 2005).

En 1575 España recibió de sus colonias americanas 80 toneladas de carmín, nombre que recibe el extracto seco de la cochinilla. Durante los 25 años siguientes, los cargamentos fluctuaron entre 50 y 150 toneladas.

España controlaba el monopolio de este colorante que se utilizaba para elaborar remedios y cosméticos. Con carmín se teñían tanto los trajes de papas y cardenales como la ropa de los reyes y comerciantes del Renacimiento. Los ejércitos de España, Francia e Inglaterra tenían algunos regimientos cuyos uniformes eran teñidos con cochinilla.



Figura 2.2. Con cochinilla se teñían uniformes militares

La síntesis de nuevos colorantes en el siglo XIX provocó una crisis económica en las zonas de cultivo de tintes naturales. En vastas zonas dejaron de producirse colorantes naturales y muchas comunidades migraron. Los tintes naturales fueron desplazados por una variedad de colores sintéticos cada vez mayor y cuya aplicación era más sencilla.

En la actualidad existe un interés renovado en obtener colorantes inocuos para utilizarlos en las industrias de alimentos, cosméticos y farmacéuticos. La fuente principal de tales colorantes son la cochinilla, el achiote y las flores de cempasúchil.

2.2.2. Obtención de colorantes naturales

Los colorantes naturales se obtienen a partir de sustancias presentes en animales y vegetales principalmente. Al usarse extractos acuosos de estos tintes se disminuye la generación de residuos tóxicos y su permanencia en el medio es menor.

Para la realización de este trabajo recolectamos variedades silvestres de nuez, fideo, madroño y cochinilla; y cosechamos flores cultivadas de cempasúchil.

COCHINILLA. Es un insecto (*Coccus cacti*, *Dactylopus coccus*) que parasita los nopales (*Opuntia sp.*) y se alimenta de su savia. La cochinilla silvestre se observa como un algodoncillo blanco (figura 2.3) en las pencas (cladodios) de nopales silvestres y cultivados y en otras suculentas. Las cochinillas macho tienen alas y no se encuentran entre las pencas. Las hembras forman un capullo blanco sobre ellas para protegerse de sus depredadores.



Figura 2.3. Nopal con cochinilla

Al presionar el capullo entre los dedos se observa un líquido rojo que constituye su linfa rica en ácido carmínico (figura 2.4) que les sirve como otra defensa.

En las cochinillas cultivadas se ha observado que la concentración de ácido carmínico en ellas depende del estado de salud y crecimiento del nopal.

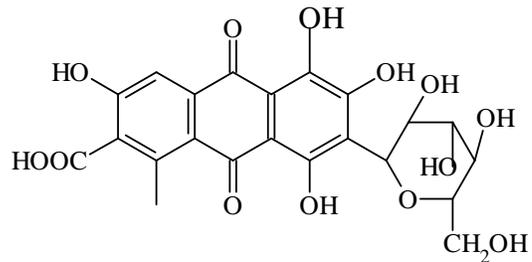


Figura 2.4. Ácido carmínico

Si el nopal se somete a riego la cantidad de colorante que pueden producir las cochinillas aumenta. Si las cochinillas están en etapa reproductiva la cantidad de tinte es menor (Rodríguez *et al* 2005). Si se les permite, las cochinillas tanto finas como silvestres acaban matando a la planta de nopal.

El cultivo de cochinilla era una práctica extendida en los pueblos mesoamericanos. Se le conocía como *nocheztli* (sangre de tuna); para su cultivo se utilizaba un nopal en específico llamado *nopalnocheztli* que tiene una cantidad menor de espinas. La variedad cultivada es oscura y de mayor tamaño que la silvestre. No forma los capullos que sí tiene la silvestre por lo que su rendimiento de colorante en relación a su peso es mayor.



Figura 2.5. Cochinilla silvestre
(*Dactylopus sp.*)

Fideo. Se trata de una planta trepadora de color amarillo claro o intenso. Carece de hojas y se extiende como filamentos amarillos sobre las plantas en las que crece. Su nombre en náhuatl es *zacatlaxcalli* y hace alusión a unas tabletas (tortillas) que antiguamente se formaban con esta especie para conservarla (Hernández 1576).



Existen varias especies de esta planta sin embargo la más extendida es la *Cuscuta tinctoria*, de sabor amargo y color amarillo intenso, casi anaranjado. Las otras son *C. epiphyta* y *C. americana*.

Figura 2.6. Fideo (*Cuscuta tinctoria*)

Es común encontrarla sobre arbustos y cactáceas que crecen a la orilla de los caminos; aunque también es frecuente hallarla sobre árboles de pirul. Crece abundantemente después de las lluvias y en algunas zonas se distingue claramente a la lejanía.

Se le conoce en Oaxaca como bejuco, en Chiapas como barbas de león y en Hidalgo como fideo o fideo cimarrón.



Figura 2.7. Fideo (*Cuscuta tinctoria*)

Entre el pueblo ñha ñhu está considerada como una planta medicinal. Se preparan baños con una infusión de la planta para curar el espanto y aliviar el salpullido en lactantes.

A la fecha no se conoce la estructura química del colorante extraído de *C. tinctoria*, aunque en una tesis de la Facultad de Química de la UNAM se propone que sea de naturaleza inorgánica (Mercado Borrayo, 2005).

Flor de muerto. Es una flor cultivada (*Tagetes erecta*) de intenso color amarillo. Llamada en náhuatl *zempoalxochitl* se ha castellanizado al vocablo cempasúchil que conserva su significado original (20 flores) que remite a su corola con bastantes pétalos.



Figura 2.8. Cultivo de cempasúchil (*Tagetes erecta*)

Es una flor ampliamente utilizada en cultos religiosos. En templos adorna altares, retablos e imágenes de santos. En los días consagrados al culto de los muertos es parte fundamental de las ofrendas que se hacen en recuerdo de los antepasados. Los difuntos llegan a sus respectivos altares siguiendo caminos de aromáticos pétalos amarillos.

Aunque es una flor comestible no es muy extendido su uso como ingrediente en la preparación de platillos. Por el contrario, cada vez más se utiliza como colorante adicionado a alimentos procesados y para consumo animal.

Nuez. Esta planta (*Juglans regia*) posee gran cantidad de taninos en sus frutos, corteza y hojas, por lo que todas estas partes pueden ser utilizadas para teñir. Los taninos son compuestos polifenólicos de alto peso molecular que dan a las nueces ese gusto astringente al comerlas.



Figura 2.11. Nuez (*Juglans regia*)

Las diversas variedades contienen diferentes proporciones de estos taninos, por lo que cada una proporcionaría colores diferentes.

Estos árboles crecen en zonas más húmedas, en cañadas y en bosques de pino-encino. En particular empleamos un tipo de nogal silvestre que crece en los bosques y a la orilla de los ríos adyacentes a Santuario.



Figura 2.12. Nuez (*Juglans regia*)

El fruto recolectado es redondo y la semilla tiene una cáscara más dura y gruesa que las nueces de Castilla y de cáscara de papel. En la gastronomía de la región es muy apreciada una salsa hecha con esta nuez.



Figura 2.13. Los nogales se encuentran cercanos a ríos

Madroño. Este arbusto (*Arctostaphylos arguta*) también crece en bosques y cañadas. Es apreciado por su fruto agridulce y de intenso color violeta, casi negro entre aquellos que todavía van al monte. Es el fruto el que empleamos para teñir. Es pequeño y con una superficie granular, tiene un hueso que ocupa buena parte del fruto.



Figura 2.14. Madroño (*Arctostaphylos arguta*)

A diferencia de las especies anteriores, el madroño o modroño no se ha reportado en manuales de tintorería. Decidimos experimentar con este fruto ya que los santuarenses reconocen en el modroño (como también le llaman) una fruta “muy fuerte, que pinta mucho al comerla”.

La identificación fue realizada usando el catálogo de plantas mexicanas elaborado por Maximino Martínez (Martínez 1987). De los madroños descritos, *Arctostaphylos* es el que más se acerca al observado en Santuario.



Figura 2.15. Madroño (*Arctostaphylos arguta*)

3. ESTRUCTURA QUÍMICA DE LA LANA

Lana es el nombre que recibe el pelo de ciertos animales como borregos, llamas y vicuñas. Estos cabellos pueden tejerse dando lugar a textiles apreciados por aislar el calor, su durabilidad y resistencia al fuego, por lo cual se utiliza para la confección de prendas para la protección contra el frío ambiental. Estas características están definidas tanto por su constitución química como por su arreglo macroscópico.



Figura 3.1. Borregos

Al igual que cuernos, uñas y pezuñas la lana está constituida por fibras de α -queratina en la mayor proporción de su peso seco. Otros componentes son la melanina, responsable del color de la lana y una mezcla de ceras y grasas llamadas lanolina la protegen del agua.

La α -queratina es una proteína fibrosa insoluble en agua. Las proteínas son polímeros de aminoácidos y tienen varios niveles de organización.

La *estructura primaria* es la secuencia de aminoácidos que conforman una proteína unidos entre sí por enlaces llamados peptídicos. La naturaleza de este enlace es covalente y se forma entre el grupo amino de un aminoácido y el carboxilo de otro.

Aunque la unión es muy rígida, el carbono α a este enlace tiene libre rotación y permite la interacción entre los radicales de los aminoácidos.

Otro enlace covalente en la estructura primaria es el puente disulfuro que se establece entre los átomos de azufre de los aminoácidos cisteína (Cys) y metionina (Met). Éstos pueden ser del mismo polipéptido o establecerse entre aminoácidos de cadenas diferentes y contribuyen a unir varios polipéptidos y tuercen las proteínas; una queratina con mayor cantidad de estos enlaces será más rizada y fuerte que aquella que los tenga en una menor proporción.

Además de los aminoácidos mencionados, la α -queratina es rica en los aminoácidos fenilalanina (Phe), isoleucina (Ile), valina (Val) y alanina (Ala). Sus estructuras se muestran en la tabla 3.1. Note que con excepción de los aminoácidos que contienen azufre, se trata de radicales no polares.

Los aminoácidos se van acomodando en forma de una espiral en la que los radicales quedan en el exterior y el enlace amida dentro. Esta espiral recibe el nombre de hélice- α y es una de las *estructuras secundarias* de las proteínas².

Esta estructura se estabiliza por enlaces de hidrógeno. Se forman entre los heteroátomos del enlace peptídico y los hidrógenos de los aminoácidos cercanos. Cada 3.6 aminoácidos se forma un giro, quedando un espacio de 5.4×10^{-10} m entre ellos (figura 3.2).

² Otro tipo de estructura secundaria es la hoja plegada- β que presenta la fibroína de la seda; otras proteínas combinan por segmentos estas conformaciones.

Tabla 3.1 Los aminoácidos presentes en la α -queratina

Nombre		Estructura en el punto isoeléctrico
alanina	Ala	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
valina	Val	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
leucina	Leu	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
isoleucina	Ile	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
fenilalanina	Phe	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$ 
metionina	Met	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{S} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
cisteína	Cys	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{SH} \end{array}$

Al exterior de la espiral queda una superficie hidrofóbica que puede interactuar con otras espirales. Es debido a este carácter no polar del exterior de las hélices que la queratina es insoluble en agua.

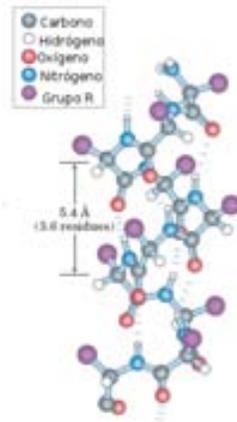


Figura 3.2. Hélice- α

En el caso de la lana, dos polipéptidos se enrollan entre sí, formando una estructura llamada protofibrilla. Esta es la *estructura terciaria* de la α -queratina y se estabiliza por interacciones de van der Waals entre las regiones hidrofóbicas de las cadenas.

Nueve de estas protofibrillas se agrupan rodeando a otro par de ellas, formando un conjunto de once dobles cadenas que recibe el nombre de microfibrilla.

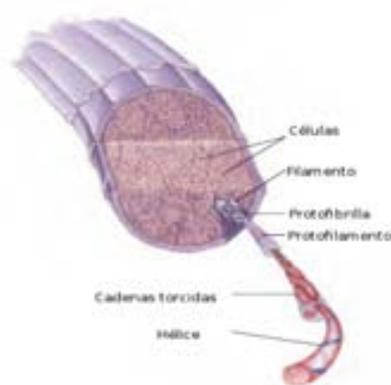


Figura 3.3. Formación del pelo

Las microfibrillas eclosionan del folículo recubiertas por células muertas y una mezcla de compuestos liposolubles que las protegen. Entre estos compuestos se encuentran colesterol, lanosterol, sus derivados hidrogenados y ésteres de ácidos grasos con alcoholes alifáticos de cadena larga. Esta mezcla recibe el nombre de lanolina.

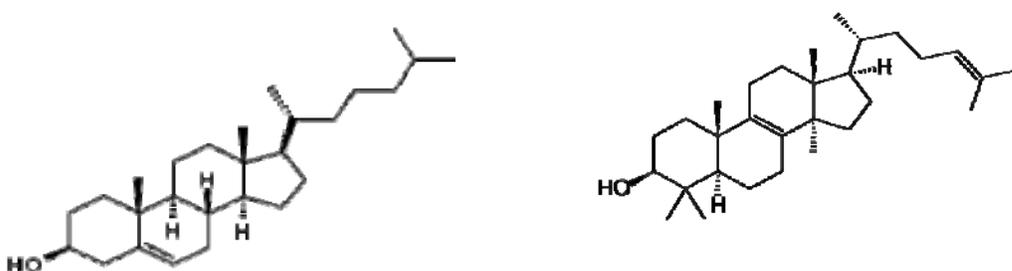


Figura 3.3. Colesterol y lanosterol

Esta mezcla de compuestos liposolubles le confiere a la lana una protección contra el agua, pero es importante removerla mediante el lavado con detergentes antes de proceder a su tinción.

En el folículo en el que nacen las fibras de lana se encuentran también células que producen melanina que le confieren color. La melanina es un polímero de 5,6-dihidroxiindol (DHI) y es responsable del color café o gris (no llega ser negro) característico de algunas razas de ovinos.

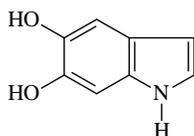


Figura 3.3. DHI

Las características macroscópicas observadas en la lana tienen su fundamento en las estructuras moleculares de sus componentes y en el arreglo de los tejidos que dan origen al cabello. También, debido a su origen, se deben tener cuidados especiales al trabajar con lana.

La radiación ultravioleta puede llegar a romper el enlace disulfuro con lo que resultaría en una lana más débil y quebradiza. Otros oxidantes fuertes como el hipoclorito y Cr (VI) también oxidan el puente disulfuro, por lo que si se usa KCr_2O_7 como fijador se debe tener cuidado de no usar un exceso ni calentar demasiado.

Si bien la queratina es insoluble en agua, las bases fuertes la hidrolizan; los ácidos concentrados o la alta temperatura también destruyen la proteína. El agua muy caliente produce un apelmazamiento de las fibras quizá debido a la ruptura y formación de nuevos enlaces de hidrógeno entre macrofibras adyacentes. El tratamiento con agua caliente se utiliza en la manufactura del fieltro.

El arreglo entre las fibras deja espacios con aire, lo que permite a la lana aislar la temperatura y absorber gran cantidad de agua. La estructura fibrosa de la queratina puede incorporar agua en los espacios que quedan entre las macrofibras y los filamentos se expanden. Esto es de suma importancia para lograr colores homogéneos al teñir, pues a través de los espacios expandidos por el agua se introducen las moléculas de los colorantes y puede suceder que se concentren en las zonas más mojadas de la fibra que en las secas.

4. MORDIENTES O FIJADORES

Algunos colorantes pueden fijarse con firmeza mediante interacciones no polares a las fibras del tejido, tal como ocurre con el rojo Congo en telas de algodón. Cuando la interacción es de tipo iónico, un tinte puede colorear un textil pero su permanencia en la tela está limitada por su solubilidad en el agua. En este caso, el tinte se disolverá progresivamente al lavar la prenda, decolorándose.

Para prevenir la decoloración se añaden agentes que pueden formar enlaces con la fibra y el tinte llamados fijadores o mordientes. Su función es la de proporcionar una mayor solidez de los tintes fijados a los textiles cuando éstos se exponen a la luz solar.

Los mordientes forman compuestos de coordinación con los tintes y la solubilidad en agua de éstos es menor que la de los tintes libres. Así, los colores de los textiles teñidos permanecen firmes durante el lavado.

En el México prehispánico se empleaban las cenizas de la leña de algunos árboles, la sal marina (en las costas de Oaxaca, amuzgos y mixtecos emplean el agua marina para fijar el colorante extraído del caracol púrpura *Plicopurpura pansa*), orina, alumbre y aceche³ con este fin.

Actualmente se siguen utilizando el alumbre de potasio, la sal marina y algunas sales de metales de transición, aunque, en la actualidad, el dicromato de potasio es de uso más común.

Los modelos citados en la bibliografía (Christie 2003, Gilabert 2003) corresponden a la formación de compuestos de coordinación entre los grupos cromóforos y auxóchromos de los colorantes con metales de transición. La única ocasión en que se menciona la interacción entre fibras y mordiente se refiere al caso

³ Con este nombre se refiere Sahagún a una sal que los tintoreros expendían en tianguis y pueden ser sulfato de cobre (II) o de hierro (II).

en el que el dicromato de potasio oxida los enlaces disulfuro de la lana.

SAL COMÚN (NaCl). Es un sólido cristalino incoloro. Para los fines de teñido, se emplea el que se obtiene por evaporación de agua marina y por la extracción directa de algunos yacimientos de minas de sal de roca del norte de México.

ALUMBRE. Es un sólido cristalino incoloro de fórmula $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$. Sahagún menciona su venta en tianguis y su uso por tintoreros. Además de ser utilizado como mordiente, también ha sido empleado como desodorante por su actividad bactericida. También se utiliza en la medicina tradicional mexicana para la realización de “limpias”.

Se encuentra asociado a minerales de origen volcánico. En México se ubica un yacimiento importante en Santa Cruz de Juventino Rosas, Guanajuato.

DICROMATO DE POTASIO. Es un sólido cristalino color naranja intenso muy soluble en agua, de fórmula $K_2Cr_2O_7$. Es un compuesto muy tóxico. Irrita y destruye las membranas mucosas y de los ojos, irrita la piel. Si se ingiere causa quemaduras en la boca y puede producir la muerte. La exposición prolongada a Cr (VI) produce necrosis aguda de los túbulos renales y lipoperoxidación renal en humanos.

Es indispensable el uso de guantes durante la manipulación del dicromato y lavarse las manos al finalizar su uso.

Cabe mencionar que durante el teñido de lana, el dicromato se reduce a cromo (III) destruyendo los enlaces disulfuro de la lana, lo que disminuye su resistencia. Sin embargo, los compuestos formados entre cromo (III) y colorante son más duraderos ante el lavado y son muy resistentes a la fotooxidación.

En las aguas de desecho, los residuos de dicromato pueden reducirse a Cr(III) con FeSO_4 . Esta forma reducida es muy estable y menos soluble. Se deposita en el fondo de los cuerpos acuíferos y se adsorbe con facilidad en el suelo entrando en un proceso de remineralización. Otro tratamiento de las aguas residuales con cromo se ensaya en Colombia. Los efluentes con residuos de cromo se mantienen un tiempo en tanques en los que se han sembrado mangles (*Rhizophora mangle*) y estos árboles retiran los cationes de la disolución.

SULFATO CÚPRICO. Es un sólido cristalino azul, e fórmula $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, usado en la agricultura como fungicida. El $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ se mezcla con cal y agua en el llamado caldo bordelés que se aplica en los troncos de árboles y arbustos para eliminar algunos hongos. Se utiliza también como algicida en albercas y en los procesos de curtido de piel.

Como es de color azul, puede usarse para obtener tonalidades verdes si se utiliza con un colorante amarillo.

SULFATO FÉRRICO. Es un sólido amarillo pálido, de fórmula $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$. Es el ingrediente activo de productos astringentes que detienen sangrados ligeros. Esta sal vira los colores a tonalidades más oscuras los tintes rojos y amarillos. Usado con colorantes sintéticos baja los tonos chillantes característicos de éstos.

5. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Antes de aplicar algún colorante –sea sintético o natural- en fibras de lana, es necesario lavarlas. En este paso se retira de las fibras el polvo y se eliminan grasas que de forma natural se encuentran en la lana (lanolina) y que impiden se moje. Ya que se va a teñir, no es necesario darle un tratamiento de blanqueado, pues el tinte cubre el color que tiene la lana debido a la melanina.



Para lavarlas, se colocan las madejas de lana en un cazo con agua suficiente para que las cubran. Se inicia su calentamiento vigilando que el agua no hierva. A medida que la temperatura aumenta se observa que el agua se enturbia ya que las grasas se van desprendiendo lentamente de las fibras.

Figura 5.1. La lana se calienta con agua

Las madejas se calientan por 30 minutos. Se apartan del fuego, se sacan del agua y se lavan con algún detergente. Se enjuagan con agua fría hasta que la lana queda limpia.



Figura 5.2. Se enjuaga con bastante agua

Si la lana recién lavada no se va a teñir, es conveniente añadir un blanqueador al agua con que se calientan las madejas para tener un color más claro. Se puede usar agua oxigenada o hipoclorito de sodio. La cantidad de cada uno a usar es difícil de determinar, pues las preparaciones comerciales disponibles varían en sus concentraciones.

Si se va a teñir hay que aplicar primero un mordiente o fijador. Se pesa la cantidad adecuada del mordiente (tabla 5.1) y se disuelve en la cantidad de agua que sea necesaria para cubrir las madejas. Cuando la preparación está caliente se introduce la lana mojada y se continúa el calentamiento por otros 30-35 minutos, cuidando que la temperatura no se eleve hasta la ebullición.

PROCEDIMIENTO PARA LAVAR LANA HILADA

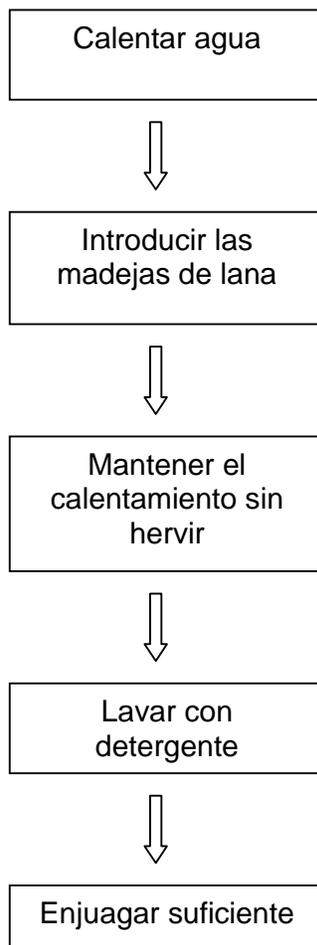


Tabla 5.1. Las sales empleadas como mordientes. Las proporciones están calculadas en relación con el peso seco de la lana a preparar.

Sal	Proporción en que se emplea
Sal común (cloruro de sodio)	15%
Alumbre (sulfato de aluminio y potasio)	10%
Sulfato de cobre	2%
Sulfato de hierro	2%
Dicromato de potasio	2%

Una vez que se ha aplicado el mordiente seleccionado a la lana, es conveniente mantenerla en remojo hasta el momento en que se vaya a teñir.



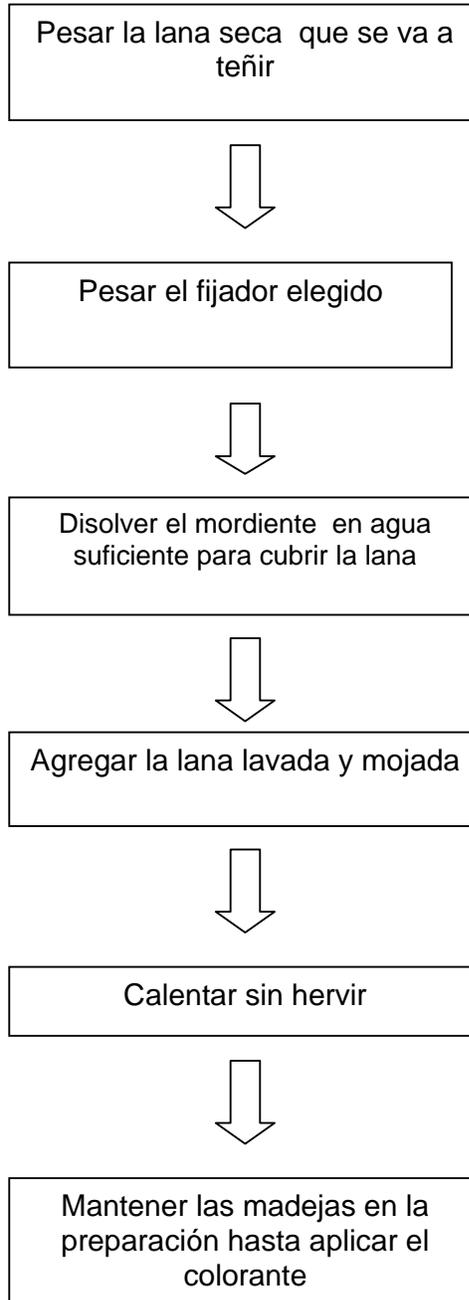
Figura 5.3. La lana se mantiene en remojo hasta que se vaya a teñir



Figura 5.4. El material recolectado se selecciona

Una vez identificado el recurso a partir del cual obtendremos el colorante; éste se recolecta, selecciona y se almacena. Los restos de otras plantas se desechan antes de desecar las partes de las que usaremos para teñir.

PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACIÓN DE MORDIENTES A FIBRAS DE LANA



El desecado puede hacerse al sol aunque es un procedimiento largo y ya que se trata de materiales ligeros hay que cuidar que el viento no disperse el material.

Colocamos las plantas seleccionadas en sobres hechos con periódico a los que hicimos perforaciones. Posteriormente ubicamos los sobres en sitios en los que recibieran luz del sol directamente. Cada día movíamos el contenido de los sobres y revisábamos cuánta humedad había perdido.

En el caso de la cochinilla utilizamos un horno de microondas para matar y secar los insectos recolectados; este procedimiento lo hicimos con 4 períodos de 5 minutos cada uno.

Ya seleccionado el material, se pesa y se muele antes de ponerlo a calentar en agua suficiente para cubrir la lana a teñir. La cantidad a utilizar depende de cada especie.



a)



Figuras 5.5 a) y b). Para moler el material se puede utilizar tanto un molcajete b) como una licuadora a)

b)

A) COCHINILLA (*Dactylopus sp.*). Empleamos cochinilla silvestre, que recogimos utilizando cucharillas de plástico y un cuchillo a manera de espátula. La secamos en un horno de microondas colocándolas en una charola de plástico. Le dimos períodos de 2 minutos hasta que la cochinilla se secó.

Una vez seca, molimos la cochinilla usando un molcajete. La pesamos seca en una proporción al 10% en relación con la lana seca a teñir. Este tinte necesita fijador para poder unirse a las fibras textiles.



Figura 5.6 Recolectando cochinilla



Si se usa sal o alumbre se obtiene un color rosado; si además se añade jugo de limón o vinagre, el color final es rojo intenso.

Utilizando dicromato como fijador se obtienen colores morados.

Figura 5.7. Cochinilla silvestre seca

B) Fideo. Recogimos esta planta a la orilla de la carretera que conduce de Cardonal a Santuario de Mapethé. La encontramos sobre los arbustos y cactáceas que crecen a ambos lados del camino. A lo largo de las carreteras México-Pachuca y Pachuca-Ixmiquilpan es común observarla sobre los pirules que se encuentran a las orillas.



Figura 5.7. Fideo (*Cuscuta tinctoria*)

Se calienta en agua suficiente para cubrir la lana con la planta y se añaden las madejas. La cantidad de planta recomendada en relación con la lana a teñir es uno a uno, es decir, el mismo peso de lana seca que de la planta. El calentamiento se mantiene sin llegar a ebullición por una hora,



Figura 5.8. Fideo (*Cuscuta tinctoria*)

tiempo en que se logra la mayor coloración. Si posteriormente se añade una base (cal, amoníaco, tequesquite) se consigue un amarillo mucho más intenso.

C) Cempasúchil (*Tagetes erecta*). La flor de muerto que utilizamos fue cosechada de un cultivo particular que se mantuvo para las festividades de Día de Muertos en Santuario.



Figura 5.9. Cempasúchil (*Tagetes erecta*)

Es posible utilizar los pétalos y el cáliz de la flor como fuente de colorantes. Los sépalos del cáliz frescos se rompen y se calientan en agua suficiente para cubrir la lana a teñir. Se añade la lana mojada previamente mordentada y se calienta por 35 o 45 minutos.

El color obtenido es un amarillo no tan intenso como el obtenido con fideo. Los pétalos deben deshidratarse y molerse previamente. Se añaden al agua y se calienta la mezcla con la lana mojada y mordentada por una hora. La proporción de pétalos secos empleada es del 15% en relación con el peso seco de lana. El color obtenido es un amarillo dorado muy diferente a los anteriores.



Figura 5.10. Cempasúchil (*Tagetes erecta*)

D) Madroño (*Arctostaphylos arguta*). Este fruto lo recolectamos en parajes boscosos cercanos a Santuario.

Para teñir con él pesamos 10% en relación a la lana seca a teñir. Lo molemos y calentamos en agua suficiente para cubrir la lana por 30 minutos. Añadimos las fibras mordentadas y mojadas y mantenemos el calentamiento sin hervir por otros 35 o 45 minutos.

En todos los casos se debe utilizar lana mojada y previamente lavada. Es necesario mover constantemente las madejas dentro del baño de tinte mientras dura la tinción.



Figura 5.10. Madroño seco (*Arctostaphylos arguta*)

E) Nuez (*Juglans regia*). La recolectamos en una cañada cercana a Santuario. Usamos una variedad silvestre de la localidad.



Figura 5.11. Nuez (*Juglans regia*)

Hay que recordar que la parte comestible de la nuez es su semilla. La cáscara que la rodea (endocarpio) y la pulpa del fruto (mesocarpio) deben separarse y macerarse en agua por separado durante al menos 3 semanas. Con cada una obtuvimos colores distintos.

Luego de este tiempo se sacan las cáscaras o restos de pulpa y se calientan en agua durante 30 minutos y se incorpora entonces la lana a teñir, manteniendo el calentamiento sin hervir por lo menos otros 35 minutos. En este caso no es necesario utilizar mordientes, pues los taninos pueden unirse firmemente a las fibras.



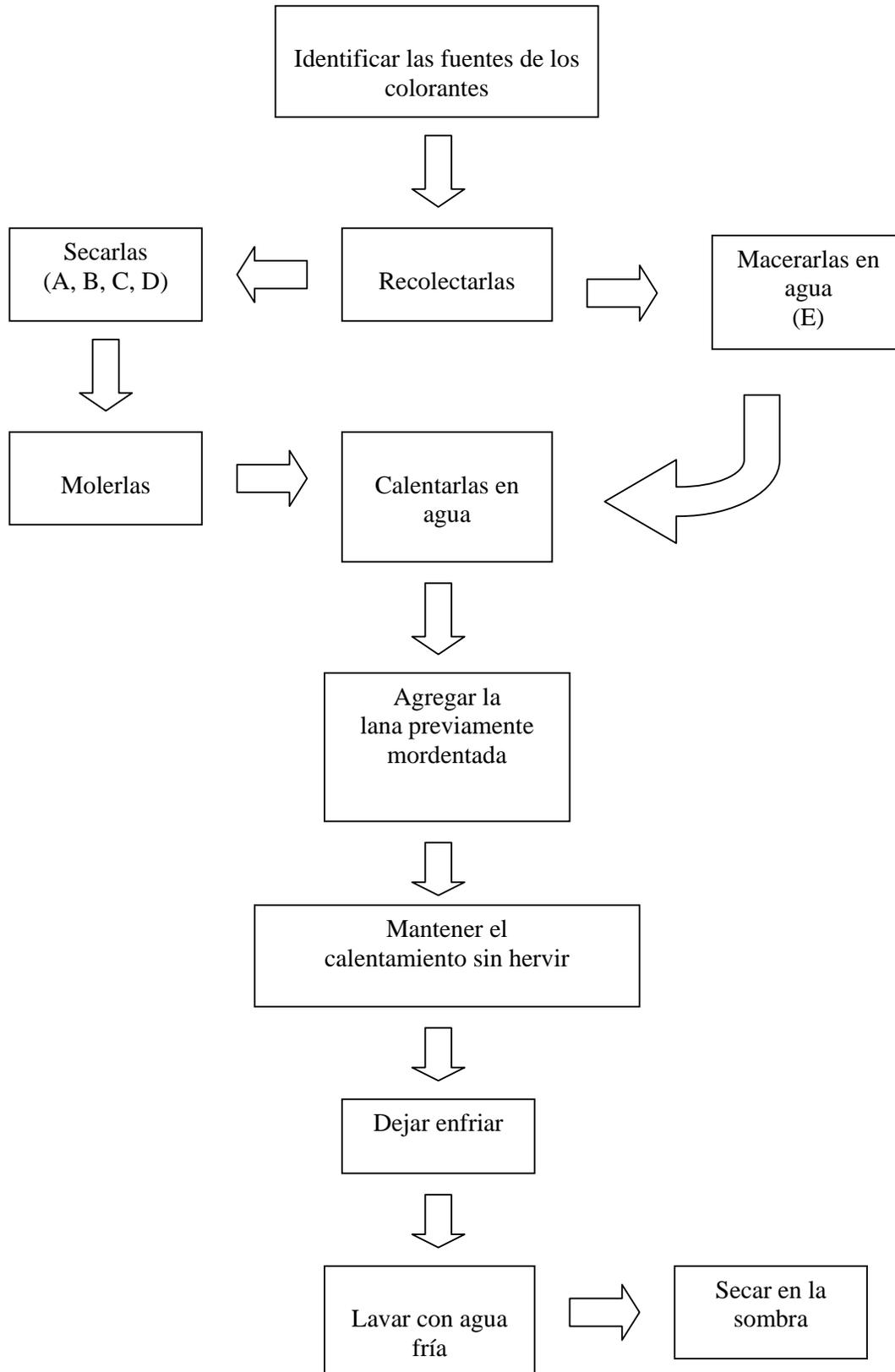
Figura 5.12. Nuez (*Juglans regia*)



Figura 5.13. Nuez y púa de maguey

Los colores obtenidos van del café claro al oscuro. Esta variación depende de la cantidad de la cantidad de taninos presentes en las cáscaras utilizadas y del tiempo en que se mantiene la lana en la preparación caliente.

PROCEDIMIENTO GENERAL PARA LA APLICACIÓN DE COLORANTES NATURALES PARA LANA



6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La lana utilizada se obtuvo de pequeños rebaños de ovejas criados por los pobladores de Santuario y de comunidades cercanas. Algunos de estos animales se mantienen en corrales mientras que otros son llevados a pastar al aire libre. De la alimentación de estos ovinos está determinada la calidad de la lana.

Aunque el color natural de esta lana no sea completamente blanco, no es necesario blanquear las fibras previamente para aplicarles un tinte. Sin embargo, para lograr un acabado más blanco en las fibras, se debe adicionar un poco de agua oxigenada al agua en que se calientan, con lo que se destruye parte de la melanina en la lana.



Figura 6.1. Borrego

No es recomendable el tratamiento con hipoclorito de sodio porque da a las fibras un color más amarillento y las vuelve quebradizas.

Como ya se mencionó en el procedimiento experimental, el calentamiento excesivo de las fibras produce un apelmazamiento de la queratina. Las fibras se unen y se forma un tejido muy cerrado al ir presionando las fibras entre sí, que es lo que sucede con la elaboración del fieltro. Las fibras de lana pierden elasticidad pero el tejido resultante es más grueso, cerrado y suave.



Figura 6.2. Lana hilada y fieltro

El exceso en el uso de mordientes demerita la calidad de la lana. Si añadimos demasiado dicromato, el resultado final será una

lana quebradiza debido a la reducción de los enlaces disulfuro. Una cantidad excesiva de alumbre deja la lana apelmazada y pegajosa.

Si bien cualquier sal de metales del bloque *d* pudiera servir como mordiente, hemos limitado su uso a las sales que se pueden conseguir con relativa facilidad en las tlapalerías.

La utilización de iones de metales de transición para fijar los tintes a las fibras textiles generalmente produce un color más apagado que cuando sólo se usa el colorante disuelto.

La explicación podría estar en el hecho de que los tintes actúan como ligantes con los cationes y pueden formarse varios isómeros de los compuestos de coordinación implicados. La presencia de dichos isómeros produciría el ensanchamiento de las bandas de absorción de los espectros de los tintes.

El mordiente es un catión metálico con el que se pueden coordinar los colorantes. Los colorantes, en su estructura, tienen grupos donadores de electrones que son los cromóforos y auxócromos que pueden formar enlaces coordinados, covalentes o ambos con el catión que queda como átomo central del compuesto de coordinación resultante.

Estos compuestos son muy estables debido a la formación de anillos de 6 o 4 miembros entre tinte y mordiente y al efecto de retrodonación del metal hacia el ligante. Los mordientes pueden coordinarse a su vez con los grupos electrodonadores de la queratina.

El compuesto formado entre tinte y cationes es menos soluble que el tinte libre. Los tintes son solubles pues tienen átomos electronegativos que pueden interactuar con moléculas de agua. Si la densidad electrónica de estos átomos se encuentra en enlaces con los cationes, pueden interactuar menos con el disolvente. Esta interacción hace que los tintes aplicados a las fibras sean más resistentes al lavado.

Por efecto de retrodonación entre el catión y los tintes, los colorantes aplicados resisten la decoloración debida a la acción de la luz solar.

En el caso de usar metales de transición, el color que observamos en una fibra textil resulta de la interacción de las moléculas de colorante con el ión metálico. Esto es debido a que los orbitales del metal se separan y orientan por la presencia de los colorantes que actúan como ligantes.

Al utilizar sales de metales sodio, potasio y aluminio el color obtenido en la fibra es más cercano al del tinte mismo. Estos cationes podrían polarizar las nubes electrónicas de los aminoácidos de la lana (tabla 3.1) de tal forma que pueden formarse interacciones ión-dipolo inducido con las moléculas de colorante. Sin embargo, estos cationes no desdoblan sus orbitales como los metales de transición, por lo que no hay colores asociados a la interacción del catión con los tintes.

En la práctica, también se utiliza cremor tártaro (bitartrato potásico, Figura 6.3) para uniformizar y acrecentar la brillantez de los colores añadidos a las fibras textiles. Es un subproducto de la producción vinícola que se deposita al fondo de los barriles en que se añeja el vino. En panadería, el cremor tártaro se utiliza como agente leudante y para la elaboración de merengue.

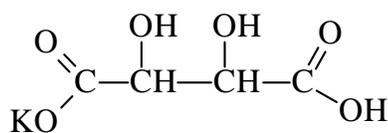


Figura 6.3. Cremor tártaro

Al añadir esta sal junto con el mordiente durante la tinción observamos que el color resultante es más brillante. Esto puede deberse a que, al unirse al catión, se bloquean algunas posiciones

que limitan la formación de isómeros favoreciendo la formación de uno de ellos. Recordemos que la viveza de un color depende del ancho de la banda del máximo de absorción de su espectro. La presencia de isómeros con máximos de absorción parecidos provoca un ensanchamiento de las bandas ya que tienen niveles energéticos similares.

El arreglo entre las fibras deja espacios con aire, lo que permite a la lana aislar la temperatura y absorber gran cantidad de agua. La estructura fibrosa de la queratina puede incorporar agua en los espacios que quedan entre las macrofibras y expandir los filamentos. Esto es de suma importancia para lograr colores homogéneos al teñir, pues a través de los espacios expandidos por el agua se introducen las moléculas de los colorantes.

Las fibras deben mantenerse mojadas durante el tiempo que dure la tinción. Los colorantes disueltos en agua pueden desplazarse mejor por los espacios entre las fibras si éstos se encuentran llenos de agua. Un colorante que no pueda migrar libremente por las fibras se concentra en los puntos más secos (menos mojados) de las madejas de lana.

Al obtener los tintes de fuentes naturales (animales y vegetales) se está sujeto a las condiciones en que se recolectaron. La cochinilla recolectada en nopales con más savia tiene una concentración mayor de ácido carmínico (Rodríguez *et al.*, 2005). El madroño y el nogal sólo tienen frutos en la temporada de lluvias. El fideo, como una plaga, solamente crece y se reproduce después de iniciadas las lluvias. La cantidad y calidad de los colorantes obtenidos varía con las condiciones de cada especie en el momento de su recolección.

Las variaciones de color debidas a la utilización de un mordiente sugieren que el color que observamos en una fibra resulta de la interacción entre el fijador y el tinte.



a)



b)

Figura 6.4. Aunque el tinte empleado fue el mismo, en a) se utilizó alumbre y en b) sulfato de cobre como fijador

Ya que los tintes son ligantes, forman compuestos de distinta geometría con el metal de cada fijador en específico. Cada uno de estos complejos tiene un desdoblamiento de orbitales diferente, por lo que la energía asociada a cada uno es distinta. Esto se observa al usar el mismo colorante con distintos mordientes.

Otra forma de variar los colores de un tinte es conociendo la naturaleza ácida o alcalina de los auxóchromos de cada colorante. Así, el tono rosado del ácido carmínico de la cochinilla se torna rojo brillante con la adición de limón o vinagre al baño de tinte.

Figura 6.5. De izquierda a derecha:
cochinilla con sal, alumbre y jugo de
limón



Figura 6.6. Cochinilla con dicromato de
potasio

El tinte amarillo extraído con del fideo, intensifica su color al añadir una base como la cal o el tequesquite a la preparación del colorante.



Figura 6.7. Color base del fideo



Figura 6.8. Fideo
con cal

En el caso del madroño, el color se intensifica al agregar un poco de ácido, en este caso jugo de limón al tinte.



Figura 6.9. Madroño con jugo de limón



Figura 6.10. Color base del madroño

Las plantas ricas en taninos, como la nuez, no requieren fijador para aplicarse a las fibras. Sin embargo deben macerarse en agua previamente para poder separarse de las estructuras de los frutos. Por ser compuestos aromáticos policíclicos, pueden formar una gran cantidad de interacciones de van der Waals con las fibras de la queratina en la lana.

La diferencia en la cantidad de taninos de la cáscara de la nuez y de su mesocarpio produce dos distintos colores de café en las fibras como se observa en la figura 6.7. De igual forma, el cáliz y los pétalos de la flor de muerto tienen cantidades distintas de tintes y cada uno produce un color distinto.



Figura 6.7. Colores obtenidos con la nuez y el cempasúchil

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En esta experiencia pudimos corroborar que el color de una fibra textil es el resultado de la interacción a nivel molecular entre tinte, mordiente y la misma fibra. Tales interacciones pueden ser de tipo covalente, iónico o fuerzas de dispersión.

De las especies utilizadas es posible iniciar el cultivo de traspatio de algunas de ellas, como el cempasúchil y la cochinilla. Es necesario cultivar otras, como el muile para conseguir una mayor gama de colores. Sin embargo, los tintes obtenidos son reflejo de la diversidad biológica del Valle del Mezquital, por lo que hay que utilizar los recursos silvestres de forma racional para conservarlos. Hay que estudiar la reproducción del madroño e iniciar su cultivo cerca del taller de tintorería o en los domicilios de los tintoreros junto con otras plantas de la región, como el pericón.

Los colores (varias tonalidades de amarillos y ocres, verdes, rojos y morados) fueron obtenidos a partir de una especie cultivada y 4 especies silvestres de la zona del Valle del Mezquital, aunque es posible incrementar esta cifra con un conocimiento más profundo de los recursos naturales de la región y el cultivo controlado de otras especies.

Para conservar la materia prima para la extracción de los tintes es conveniente dejarlas secar a la sombra y a resguardo de animales que pudieran comerlas.

Los colorantes empleados en general se aplican con bastante facilidad en fibras previamente mordentadas y mojadas. Solamente las cáscaras y pulpa de nuez requieren una maceración previa antes de su uso.

Se logra una tintada más homogénea al utilizar varias madejas pequeñas (de unos 100 gramos) que utilizando madejas de mayor masa. Si se sobrepasa la capacidad de las tinajas para teñir y las madejas quedan apretadas o fuera del baño de tinte, se dificulta el acercamiento del colorante a las fibras y no se obtiene la misma intensidad de color en toda la lana.

La intensidad del color obtenido depende de la cantidad de colorante empleado, más que del tiempo que dure el proceso de tinción. Es posible variar los colores obtenidos al añadir una sal adicional al mordiente o al cambiar la acidez del baño de tinte.

Como resultado de este trabajo con los artesanos de Santuario de Mapethé Hidalgo, fue posible que los obrajeros modificaran los procedimientos que usaban para lavar y mordentar la lana al mismo tiempo que incorporaron nuevos tintes y colores para sus textiles.

De alguna forma en este trabajo hemos recuperado parte de la gran tradición tintorera que existe en los territorios que conforman nuestra nación, mostrando la vigencia de este conocimiento. Falta poder integrar los recursos tintóreos de cada región para continuar este conocimiento que, aunque vigente, se encuentra en riesgo de desaparecer.

Además de acercar los recursos tintóreos al taller, hay que buscar los mecanismos de financiamiento que les permitan adquirir la maquinaria necesaria para lavar, cardar, hilar y devanar la lana que posteriormente será teñida y empleada en la elaboración de textiles.

La tintorería y otras tecnologías (alfarería, metalistería, producción de alimentos fermentados) se han desarrollado y subsisten en México al margen de las instituciones de enseñanza de la química. Hay una gran variedad de temas en los que un químico podría incorporarse para colaborar en la optimización de estos procesos.

La difusión de estas tecnologías acerca a las comunidades herramientas para su desarrollo. Les permite transformar su entorno con los medios a su alcance y aprovechar mejor sus recursos.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Christie, R. *Química del color*. Acribia, Zaragoza 2003.
2. CONACULTA-UNESCO-INAH. *Nuestras raíces. Muestra de arte iberoamericano*. INAH, México 1991.
3. Espinosa, L., Beldarraín, E. *Cuba y México. Desastres, alimentación y salud siglos XVIII y XIX*. INCMNSZ-Plaza y Valdés, México 2005.
4. Fabre Platas, D. *Una mirada al Valle del Mezquital desde los textos*. UAEH-CDI. México 2004
5. Finlay, V. *Colores*. Océano, España 2004.
6. Gally, R., Revah P. *Teñido de lana con plantas*. Árbol editorial, México 1989.
7. Gilabert, E. *Química textil. Tomo II: Materias colorantes*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia 2003.
8. Hernández, Francisco. *Historia natural de Nueva España (1571-1576)*. UNAM, México 1959.
9. INIA. *Cultivo de la tuna y crianza de la cochinilla*. Ministerio de Agronomía-INIA, Perú sin fecha.
10. Lespada, J.C. *Aprender haciendo*. Humanitas, Buenos Aires 1989.

11. Martínez, M. *Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas*. FCE, México 1987.
12. Mercado Borrayo, B. *Rescate del conocimiento en torno a los colorantes nocheztli y k'axti*. Tesis de licenciatura Facultad de Química, UNAM 2005.
13. Nelson, D., Cox, M. *Lehninger. Principles of biochemistry*. Worth, Nueva York 2005.
14. SARH/INCA RURAL/PNUD/FAO. *Desarrollo rural y capacitación: una propuesta metodológica alternativa*. INCA RURAL/PNUD/FAO, México 1987.
15. Reyes, C. *De Bonampak al Templo Mayor: el azul maya en Mesoamérica*. Siglo XXI, México 1993.
16. Rodriguez, E., Pickard, M. A., Vazquez-Duhalt, R. *Curr. Microbiol.* **38**:27-32. 1999.
17. Rodriguez, L., Faundez, E., Seymour, J., Escobar, C., Espinoza, L., Petroutsa, M., Ayres, A., Niemeyer, H. *Agricultura Técnica* **65**(3):323-329. 2005.
18. Sahagún, Bernardino de. *Historia General de las Cosas de Nueva España (1590)*. Porrúa, México 1981.
19. Witten, K., Davies, R., Peck, M., Stanley, G. *Química*. Cengage Learning, México 2008.