



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA
DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACIÓN
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

INFORME FINAL

EVALUACION DE LA CAPACIDAD TINTÓREA DE LOS TINTES NATURALES OBTENIDOS DE LOS DESECHOS AGROINDUSTRIALES DEL COCO Y DEL AGUACATE EN EL PROCESO DE TINCIÓN DE FIBRAS NATURALES UTILIZADAS EN LA ELABORACIÓN DE ARTESANIAS

EQUIPO DE INVESTIGACIÓN

Coordinadora: Inga. Qca. **Telma Maricela Cano Morales**
Investigadora Titular: Inga. Ind. **Ericka Johanna Cano Díaz**
Investigador Titular: Ing. Qco. **Mario José Mérida Meré**
Investigador Titular: Ing. Qco. **Jorge Emilio Godínez Lemus**
Investigadora Titular: Inga. Qca. **Tannia Magaly de León Morán**
Investigador Asociado: Ing. Agr. MSc. **Marino Barrientos García**
Investigadora Asociada: Inga. Qca. **Cintha Patricia Ortíz Quiroa**
Investigador Asociado: Ing. Agr. MSc. **Edwin Enrique Cano Morales**
Auxiliar de Investigación: Br. **José Enrique Labín**
Auxiliar de Investigación: Br. **Isabel García**

Guatemala, noviembre de 2008

RESUMEN

En el presente proyecto de investigación se evaluó la capacidad tintórea de los extractos colorantes del exocarpo del coco (*Cocos nucifera L.*) y la semilla del aguacate (*Persea americana Mill*) en el proceso de tinción de fibras naturales de lana y algodón. Los extractos tintóreos se obtuvieron con tres solventes: agua, alcohol etílico al 35% y alcohol etílico al 70%. Para la ejecución del proyecto se dispuso de la semilla fresca de aguacate, y del exocarpo fresco del coco, los que se redujeron de tamaño, se extrajo el tinte por medio de extracción con tres solventes, luego se evaporó el solvente y se obtuvo el tinte sólido a nivel planta piloto. Posteriormente se aplicó dicho tinte en las fibras naturales lana y algodón y se realizaron varias pruebas de solidez a las mismas para determinar el grado de fijación del tinte a la fibra.

El valor mas alto de rendimiento de extracto tintóreo del exocarpo del coco fue de 3.60% utilizando alcohol etílico al 70% y el valor mas alto de rendimiento de la semilla de aguacate fue de 7.09% utilizando alcohol etílico al 35% y realizando la prueba de comparación de medias de Duncan se determinó que hay diferencia significativa en el rendimiento de extracto tintóreo del exocarpo del coco, utilizando alcohol etílico al 70% y agua y hay diferencia significativa entre alcohol etílico al 70% y alcohol etílico al 30%. Para el extracto tintóreo de la semilla de aguacate no hay diferencia significativa en el rendimiento al utilizar los tres diferentes solventes. Los valores de rendimiento tintóreo de la semilla del aguacate y del exocarpo del coco no presentan diferencia significativa.

Se realizaron pruebas fisicoquímicas a los extractos tintóreos, obteniendo el valor mas alto de densidad de extracto tintóreo del coco de 0.9969 g/mL utilizando agua como solvente y el valor mas alto de densidad del extracto tintóreo de la semilla de aguacate, 0.9730 g/mL utilizando también agua como solvente. Realizando la prueba de medias de Duncan se determinó que sí hay diferencia significativa en los valores de densidad utilizando los tres solventes diferentes, tanto para exocarpo del coco como semilla de aguacate.

El valor mas alto de índice de refracción para el extracto tintóreo del exocarpo del coco fue de 1.3353, encontrándose que hay diferencia significativa utilizando alcohol etílico al 70% y agua y utilizando alcohol etílico al 70% y al 30%, pero no hay diferencia significativa en los valores de índice de refracción utilizando alcohol etílico al 30% y agua. El valor mas alto de índice de refracción para el extracto tintóreo del aguacate fue de 1.3645 utilizando alcohol etílico al 70%, encontrándose que no existe diferencia significativa en los valores obtenidos independiente del solvente utilizado.

Se realizaron pruebas de solidez a las fibras teñidas encontrándose que tanto para la lana como para el algodón los valores de solidez al lavado, solidez al cloro y solidez a la sublimación se pueden categorizar como buenas y muy buenas, encontrándose para ambas fibras que la prueba de solidez al hipoclorito enérgico se categoriza como escasa.

Se realizó tamizaje fitoquímico para determinar cuales metabolitos secundarios están presentes en el extracto tintóreo del exocarpo del coco y la

semilla de aguacate, encontrándose que en el extracto colorante de la corteza del exocarpo del coco está presente el flavonoide denominado Hiperósido, independiente del solvente utilizado mientras que en el extracto colorante de la semilla de aguacate se determinó que sí hay presencia de flavonoides, pero no se determinó que tipo.

Se observó que el extracto colorante de exocarpo del coco no posee ninguno de los metabolitos secundarios analizados en cromatografía en capa fina: ácido clorogénico, rutina, Kaemferol y ácido cafeico, mientras que el extracto tintóreo de la semilla de aguacate posee todos estos metabolitos secundarios.

De las 3 pruebas para determinar presencia de taninos en los extractos colorantes de coco, 2 fueron positivas y 1 negativa para el extracto obtenido utilizando alcohol etílico al 35%. Las 3 pruebas para el extracto de aguacate fueron positivas, independiente del solvente utilizado.

Las pruebas para determinación de cumarinas y antocianinas resultó positiva para el extracto colorante del exocarpo del coco utilizando como solvente agua y para los extractos con alcohol etílico al 35% y al 70% no se realizaron dichas pruebas. Para los extractos de la semilla de aguacate la prueba para presencia de cumarinas es negativa independiente del solvente utilizado y positiva para antocianinas independiente del solvente utilizadoas prnegativa para los tres extractos, independiente del solvente utilizado.

Con la experiencia adquirida y la validación de las metodologías de extracción y tinción se asesorará a grupos de personas en el oriente y altiplano de Guatemala, dedicados a la tinción de fibras de lana y algodón que se utilizan en la elaboración de artesanías como alfombras, morrales, aislantes térmicos de mesa, recipientes portatortillas, etc. Los resultados permitirán también impulsar el atenuar el impacto medioambiental que implica el aprovechamiento de los desechos de sistemas productivos, así también el desarrollo sostenible de procesos de aprovechamiento de subproductos agrícolas permitiendo generar una alternativa hacia las producciones limpias en nuestro medio.

En este proyecto participaron varias instituciones, entre éstas están: Fundación Gabina J.M. de Momostenango, Totonicapán, la cual tiene proyección a nivel nacional en la capacitación sobre el tema de colorantes naturales y por parte de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Centro de Cálculo y Estadística, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, laboratorio LIPRONAT y Sección de Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería.

Este proyecto reviste especial interés, debido a que los resultados obtenidos del mismo, pueden ayudar a establecer los parámetros necesarios para desarrollar a nivel industrial, la extracción no solamente de los colorantes naturales de la semilla del aguacate y de la fibra del fruto del coco, sino también de otras especies vegetales afines.

I. JUSTIFICACION

Seguramente en los próximos años habrá una reducción considerable del uso de los colorantes sintéticos, debido a que algunos de ellos presentan efectos nocivos para la salud, en su reemplazo, aparece un notable interés por el uso de los colorantes naturales, que hasta ahora no requieren certificación alguna para su empleo y que se pueden obtener a partir de muchas plantas, bien sea de las hojas, de los frutos o de los tallos y raíces.

Una de las frutas mas conocidas es el aguacate, que tiene una voluminosa semilla de la cual, desde tiempos inmemoriales, se obtiene un colorante que se emplea, de manera rudimentaria, para marcar la ropa. La semilla del aguacate contiene perseína, un monosacárido de 7 átomos de carbono de valor quimiosistemático, epicatequina (un flavonoide), taninos condensados, que son formas poliméricas derivadas de la epicatequina y una proantocianidina trimérica (color violeta) (Castro, 1999).

No se tiene mucha información de las características fisicoquímicas del colorante que se extrae de la semilla de aguacate.

En el caso del fruto del coco, en Guatemala solo se realiza aprovechamiento comestible en el consumo del agua del fruto y la carnasa. El resto de biomasa se convierte en un desecho. En otros países se aprovecha en un uso integral toda la planta, y la fibra del fruto se aprovecha en la industria textil, para elaboración de artesanías, forros de sillones de automóviles y forros de colchones de camas, etc. En el presente proyecto se realizó la evaluación del poder tintóreo de los extractos colorantes obtenidos de la semilla del aguacate y el exocarpo del coco en la tinción de fibras naturales de lana y algodón, las cuales son usadas para elaboración de artesanías, en el oriente de la república y en el altiplano. Además, se realizó la caracterización fisicoquímica de los extractos, las cuales determinan la calidad de los mismos. Los resultados obtenidos en el presente proyecto permitirán poder asesorar a grupos de tintoreros en el municipio de Momostenango, Totonicapán y grupos de señoras en los municipios de Jocotán, Camotán y Olopa del Departamento de Chiquimula, los que se dedican a teñir sus fibras con extractos colorantes naturales de una manera artesanal.

Se contribuirá al aprovechamiento de una biomasa, hasta ahora desechada, añadiendo valor agregado. El objetivo de éste trabajo fué diseñar un proceso para la extracción del pigmento indeleble de color café que se haya en la semilla de aguacate y en el exocarpo del coco y determinar los parámetros de diseño para la aplicación del proceso de extracción en una planta piloto y recomendar los parámetros para su aplicación en el proceso de tinción de fibras naturales de lana y algodón también a nivel de planta piloto.

II. MARCO TEÓRICO

1.1 Productos Agroindustriales

La utilización de los productos agrícolas trae consecuencias que afectan al medio ambiente, como lo son la deforestación, la generación de desechos y la pérdida de recursos naturales, por lo tanto se deben realizar actividades productivas para el aprovechamiento de los desechos agroindustriales, existen diversas actividades donde se aprovechan los desechos como lo son, la fabricación de papel a partir de la fibra del coco, caña de azúcar etc.

1.2 Colorantes naturales

A continuación se dan dos definiciones de colorantes: 1.- “Aquellas sustancias naturales que añaden o devuelven algún color, además se encuentran presentes como pigmentos en plantas, hojas y frutos”. 2.- Los preparados obtenidos a partir de algunas partes específicas de ciertas plantas naturales empleando un método de extracción física o química que ocasiona una selección de los pigmentos que se usan como componentes nutritivos o aromáticos. En general un colorante se puede definir como: “Cualquiera de los productos químicos pertenecientes a un extenso grupo de sustancias, empleados para colorear tejidos, tintas, productos alimenticios y otras sustancias. En la moderna terminología industrial se amplía el concepto de colorantes a los productos que contienen colorantes orgánicos puros junto con agentes reductores o de relleno que los hacen más manejables.”.

Los colorantes naturales los podemos definir como “aquellos que se obtienen de la materia animal y vegetal sin proceso químico. Estos son principalmente colorantes mordientes, aunque se conocen unos de la tina de disolventes, de pigmentos, directos y de los tipos ácidos. No se conocen colorantes naturales del tipo sulfurados, dispersos, azoicos o en rama.” (Kirk-Othmer, 1998).

Los colorantes han sido ampliamente utilizados en la preparación de alimentos y bebidas, y siguen siendo a nivel mundial una contribución significativa en la preparación y procesamiento de los mismos. De igual manera, desde la antigüedad, antes del desarrollo de la industria de colorantes de síntesis, el teñido de fibras se hacía con plantas conteniendo colorantes naturales, llamadas especies tintóreas. (Lock Sing, Olga, 1997).

1.2.2 Definición

Un colorante natural es toda aquella materia colorante que tiene origen vegetal o animal.

Para que una sustancia coloreada, sea considerada un colorante, deberá contener grupos cromóforos llamados auxóchromos, los que dan a la sustancia afinidad con la fibra.

Los colorantes se dividen en varios grupos, a saber: colorantes naturales, tintes naturales y pigmentos naturales. Los colorantes naturales son productos que se adicionan a los alimentos para proporcionarles un color específico y hacerlos más agradables a la vista. Los tintes naturales se usan para teñir telas, madera y cuero. Finalmente, los pigmentos naturales son los compuestos responsables del color visible de una planta; además son utilizados por la industria farmacéutica.

De acuerdo a la investigación de la Doctora Olga Lock Sing de Ugaz, en su obra titulada Colorantes Naturales, el teñido con colorantes naturales fue hecho desde tiempos prehistóricos hasta la mitad del siglo XIX, donde las plantas, animales y minerales fueron las únicas fuentes como agentes colorantes utilizados para teñir o pigmentar.

Las primeras fibras teñidas fueron usadas aproximadamente alrededor del año 1000 a.C. estos teñidos fueron simples y fueron los primeros ejemplos de la aplicación de los llamados colorantes directos o colorantes sustantivos, sin embargo resultaron de muy pobre solidez, pobre resistencia al lavado y a la luz, posteriormente fueron desarrollados teñidos más sofisticados, produciéndose colores con mejor solidez.

La historia esta llena de ejemplos de aplicaciones con aditivos colorantes. Pinturas en tumbas egipcias que datan de 1500 años a.C. presentan la manufactura de dulces coloreados. El vino ha sido artificialmente coloreado por siglos antes del nacimiento de Cristo y, es bien sabido que las especias y condimentos eran coloreados, por lo menos, 500 años atrás.

Las plantas utilizadas, así como los antiguos procedimientos de teñido han sido registrados, especialmente por dos historiadores del primer siglo después de Cristo. Plinio El Viejo, naturista romano, refiere en sus escritos dos colorantes comunes usados por las tribus Gálicas, el índigo y el glasto, mientras que el griego Dioscórides describe los colorantes de la **rubia** para el rojo, del azafrán (de los estigmas del *Crocus sativa*) y gualda (de *Roseda luteola*) para amarillos, glasto para el azul, *Alkanna tinctoria* para rojo, entre otros.

Durante la Edad Media, alrededor de 1250 d.C., los procedimientos de tintura fueron registrados por los monjes medievales. En aquellos tiempos las mismas plantas eran usadas para teñir y para fines medicinales. El uso de colorantes en drogas, indudablemente, ha tenido una larga historia, debido a que el color ha sido asociado con enfermedades y su tratamiento desde la antigüedad. Muchas prácticas han sido documentadas en papiros egipcios.

Hasta mediados del siglo XIX, los colorantes usados en alimentos, drogas y cosméticos y textiles, fueron materiales fáciles de obtener de fuentes naturales como animales, vegetales y minerales. Sin embargo la importancia de los colorantes naturales disminuyó cuando en 1856, en Inglaterra, William Henry Perkin, en su intento de sintetizar quinina, oxidó sulfato de anilina con dicromato potásico y produjo el primer colorante sintético, la mauveína, de color púrpura. Posteriormente, los químicos alemanes perfeccionaron los colorantes derivados del alquitrán de hulla, hasta tal punto, que empresas de colorantes vegetales se arruinaron, totalmente, antes de que finalizara el siglo XIX.

En los últimos 130 años, se han sintetizado varios miles de compuestos químicos coloridos, de los cuales alrededor de 10,000 son o han sido producidos a escala industrial, tratando, en muchos casos, de sintetizar productos idénticos a los naturales, como el β -caroteno.

En 1987 se estimó que la producción mundial de colorantes era alrededor de 700,000 toneladas, de esta producción, aproximadamente el 50 % fue destinada a la industria textil y un 2.2 % fue destinado al sector de alimentos, medicamentos y cosméticos.

Esta proliferación en el uso de aditivos colorantes fue enseguida reconocida, como una amenaza para la salud. De particular interés fue el hecho que las sustancias conocidas de ser venenosas fueron, a menudo, incorporadas en alimentos y los tintes fueron frecuentemente usados para ocultar baja calidad y para añadir peso o consistencia a ciertos productos. Algunas de estas prácticas fueron deshonestas pero no inherentemente peligrosas.

Por ejemplo, la harina era frecuentemente coloreada de amarillo para esconder la suciedad y aparentar un alto contenido de huevo; naranjas ordinarias fueron inyectadas con tintes rojos para darle una mejor apariencia; carne vieja era coloreada para hacerla parecer fresca; conservas y jaleas fueron coloreadas para aparentar un mayor contenido de frutas.

Luego, otros usos de colorantes fueron criminales y a veces mortales. Era un hecho que poco o ningún control era aplicado sobre la pureza de los agregados a los alimentos y que colorantes encontrados insatisfactorios para textiles eran, a veces, deliberadamente canalizados en productos alimenticios. Debido al creciente interés público sobre tales prácticas, algunas mediciones fueron eventualmente tomadas por los fabricantes americanos de alimentos para control de su propia industria.

En 1900, se investigó por parte del gobierno estadounidense la relación entre materias primas colorantes y la salud, con el fin de establecer un principio para gobernar su uso y de esta manera controlar las prácticas de manufactura. Como resultado de esta investigación se encontró que muy pocos colorantes habían sido evaluados sobre sus efectos en la salud y que muchos de ellos,

habían sido evaluados impropriadamente. A veces, la verdadera identificación química de un colorante estudiado era desconocida. En otros casos la pureza del colorante era incierta. Más a menudo, los procedimientos usados para su análisis eran ingenuos. De esta manera, se formuló la regulación que puso fin al uso indiscriminado de materias colorantes peligrosas e impuras en alimentos. Entre otras cosas, esta nueva legislación requirió que solamente colores de composición conocida, examinados fisiológicamente y que no mostraban resultados adversos, podían ser usados.

Debido al incremento de las necesidades de la industria, durante las siguientes tres décadas, hubo un crecimiento continuo en el uso y número de aditivos colorantes. Como resultado de estos esfuerzos, se culminó con la publicación en 1940 de la declaración de servicios y regulaciones en Alimentos, Drogas y Cosméticos, la cual listaba colorantes específicos que podían ser usados junto con especificaciones y regulaciones relacionadas con su manufactura, clasificación, certificación y venta.

Debido a los serios problemas generados por el efecto de los tintes sintéticos en el medio ambiente y la salud humana, se ha renovado el interés en los colorantes naturales. El aumento de la demanda del tinte natural en la industria de tintorería, así como en la de alimentos, cosméticos y medicinas entre otras ha motivado el incremento del número de países en que se está dando el renacimiento del cultivo y producción del mismo.

1.2.3 Distribución de los colorantes naturales(Lock Sing, Olga, 1997).

Los colorantes naturales pueden ser clasificados, según su naturaleza química en diversos grupos. Como fuentes naturales de estos colorantes se pueden considerar las plantas superiores, las algas, hongos y líquenes, algunos insectos, así como algunos organismos marinos invertebrados.

La función de diversos pigmentos que se encuentran en forma natural en plantas y animales es muy variada, tal es el caso de algunos fenoles que absorben la luz ultravioleta y pueden desempeñar la función de guiar a los insectos a las flores para realizar la polinización. Las quinonas (compuestos fenólicos) pueden actuar como sustancias tóxicas para defensa, un caso digno de mencionar es el gusano telero (*Laetillia coccidivora* Comstock), el cual ha superado los efectos tóxicos del colorante, cuando consume el pigmento enmascara la toxina y luego la utiliza al regurgitar el pigmento sobre su agresor. (Harbone, 1985)

Aunque las funciones antes mencionadas son casos puntuales, es importante señalar que la gran diversidad de pigmentos cumple funciones específicas dentro de la naturaleza, ya que algunos pueden actuar como inhibidores para la germinación de semillas, hormonas de crecimiento, atrayentes o disuasivos.

Son muchas las plantas superiores que producen colorantes; sin embargo la concentración de estos es mínima, lo que no permite una rápida y económica extracción y en consecuencia son relativamente pocas las que tienen gran importancia comercial como fuente de colorantes.

Tabla II. Clasificación de colorantes naturales según composición química

Naturaleza Química	Algunos Ejemplos	Color Predominante
Tetrapirroloe	Ficobilinas Clorofila	Azul – verde Verde
Carotenoides	Carotenoides	Amarillo- Anaranjado
Flavonoides	Flaonas Flavonales Chalconas Auronas Antocianinas	
Xantonas	Xantonas	Amarillo
Quinonas	Naftoquinonas	Rojo-azul-verde
Derivados indigoides e índoles	Indigo Betalaínas	Azul – rosado Amarillo- rojo
Pirimidinas sustituidas	Perinas Flavinas Fenoxanizinas Fenazinas	Blanco- amarillo Amarillo Amarillo-Rojo Amarillo-púrpura

Debido a esto, la elección de una planta con tales fines es determinada por consideraciones económicas; el material debe estar disponible en suficiente cantidad a un precio razonable, el proceso para obtener el colorante no debe ser excesivamente complejo y costoso y el producto final debe cubrir las perspectivas industriales y los requerimientos legales de los gobiernos.

Otro grupo considerado como fuente de colorantes naturales son las algas, estas deben su color a las *ficobilinas*, las cuales se clasifican en *ficocianinas* y *ficoeritrinas* de color azulado con fluorescencia roja y de color rojizo con fluorescencia naranja brillante, respectivamente. El rango de color en el que se encuentran es bastante amplio, dependiendo de la fuente de biliproteína y el medio en el cual es aislado, proporcionando así una variedad de colores naturales en las algas.

Las algas también contienen carotenoides, especialmente, β -caroteno y cetoderivados como cantaxantina, astaxantina y equinenona. Los hongos, particularmente la parte correspondiente al cuerpo fructífero, están fuertemente pigmentados. El número de pigmentos diferentes, probablemente, excede los 1000; aunque algunos son de naturaleza química común a las plantas superiores

(siendo más notorio el caso de la betalainas y en menos extensión los carotenos y quinonas) muchos de ellos no han sido encontrados en algún otro organismo biológico

Los líquenes han sido intensamente utilizados para el teñido desde tiempos antiguos. Dentro de los compuestos coloreados que ellos producen están las quinonas (antraquinonas, naftoquinonas y terfenilquinonas) dibenzofuranos (ácido úsnico y derivados) xantonas, depsidos y depsidonas, carotenoides y xantófilas, así como fenoxazinas.

Entre los líquenes se pueden destacar las especies del género *Xanthoria*, cuya coloración naranja y naranja – rojizo brillante es debida a la presencia de antraquinonas y del género *Cladonia*, en los cuales los colores rojo a rojo-sangre se deben a la contribución de las naftoquinonas presentes.

Dentro de los organismos marinos invertebrados, los crustáceos y moluscos quizás son los que proveen las más diversas fuentes de colorantes, muchos de ellos aún no caracterizados y que serían de potencial interés económico.

De los insectos se destaca la cochinilla por su contenido de ácido carmínico, así como el kermés que produce ácido kermésico, ambos compuestos son de naturaleza antraquinónica. Las pterinas contribuyen a los colores blanco, crema, amarillo y rojo de muchos insectos. Por ejemplo, los colores de las mariposas y avispas son a menudo, formados de pterinas, como las xantopterinas que proporcionan un color amarillo brillante a muchas avispas; otras pterinas contribuyen también a los colores: amarillo, naranja y rojo de crustáceos, peces, anfibios y reptiles.

Las flavinas, como la riboflavina o vitamina B2, excepcionalmente, producen la pigmentación amarilla de algunos organismos marinos invertebrados.

Las fenazinas contribuyen al color de algunas bacterias, por lo general en las especies de *Pseudomonas* y *Streptomyces*, mayormente amarillo y ocasionalmente azul y azul violeta.

Las fenoxazinas se han encontrado en algunas bacterias *Streptomyces*, en hongos *Polyporus cinnabarines* y en líquenes como *Rocello tinctoria* y otros que contienen orceína.

Se estima que el obtener colorantes naturales puros puede costar de 30 a 100 veces más que el producir colorantes sintéticos certificados, reduciendo con ello las posibilidades de explotación de estas fuentes naturales, sin embargo, las estrategias biotecnológicas en la producción de colorantes naturales que se han desarrollado en los últimos años son de gran importancia y podrían otorgar una serie de ventajas, entre ellas, las económicas.

1.2.4 Clasificación de colorantes naturales utilizados en el teñido de fibras

Los colorantes naturales se pueden agrupar en diferentes formas: por tipo de teñido, composición química, características físicas, etc.

1.2.4.1 Características físicas

a. Colorantes directos:

Son los grupos de colorantes de antocianina, carotenoides derivados de calcona. Los colorantes son obtenidos de una solución acuosa y esta extracción se usa directamente para teñir o pintar en frío o en caliente. A veces se usa sustancias auxiliares como ácidos o sales. Como ejemplo se tiene la flor de cártamo, cúrcuma, azafrán, *cempoalxóchitl*, etc.

b. Mordentados:

Este tipo de colorantes no tienen por sí mismos el poder de entintar, sólo con un tratamiento especial de sales metálicas solubles que reaccionan sobre la fibra. Esta técnica se aplica a la mayoría de las plantas que dan color como la gardenia, *cempoalxóchitl*, rubia, cochinilla, palo de Campeche y de Brasil, etc.

c. Tipo de reducción:

Derivados del indol, estas materias colorantes se encuentran en el interior de los cuerpos vegetales o animales, pero son insolubles, para darles solubilidad, se les aplica una sustancia reductora, obteniéndose una solución incolora que se aplica a la fibra y después, mediante una oxidación aparece el color, como ejemplo esta el añil.

d. Pigmentos:

Polvos de materiales minerales, son insolubles que no tienen poder de entintar, por lo cual solo pueden utilizarse mezclándose con otro cuerpo, como el engrudo, cola, resina, caseína, clara de huevo, etc., con los que se forma una pasta para pintar.

1.2.4.2 Tabla de usos tradicionales

Usos tradicionales	Descripción
1.- Untado directo sobre la fibra	Se aprovecha directamente el color de la fibra.
2.- Exprimidos	El caracol púrpura (caracol de mar) da un color que aparece por oxidación
3.- Aplicación de mordientes y calor.	Aprovechamiento de colorantes naturales rojos de la cochinilla
4.- Cocción de colorantes	Por extracto de cocción aparecen varios tonos con el uso de mordientes, como por ejemplo, la flor de dalia.
5.- Separación del colorante	Las sustancias que permiten su separación pueden ser ácidas o cenizas, como la flor de cártamo.
6.- Reducción y oxidación	El añil flora.
7.- Mordentes naturales	Se sumerge la fibra previamente teñida con extractos de colorantes en agua de lago o pozo, que contenga alumbre, <i>tequezquite</i> o hierro, el color aparece con diferentes tonos según las sales minerales que lo fijan.

1.2.4.3 Características químicas

GRUPO	COLOR	PROCEDENCIA
FLAVONOIDES		
Flavonol	Amarillo	Bidens
Flavonona	Crema Amarillo	Perejil
Calcona	Rojo y amarillo	Cártamo
Antocianina	Rojo y Violeta	Tinantía
GRUPO		
CAROTENOIDES		
Caroteno	Anaranjado	Zanahoria
Xantofila	Amarillo	Achiote
GRUPO QUINONICOS		
Antraquinona	Rojo	Rubia Cochinilla

Naftoquinona	Violeta	Henna
Derivados del Indol	Azul	Añil
Derivados de delphinidina	Azul	Hierba de pollo
Derivados de dihidropilano	Rojo y Violeta	Palo de Brasil
Grupo Betaleína	Rojo	Betabel
Grupo Xantonas	Amarillo	Algunos Líquenes
Grupo tanino-pirogalol y catecol	Café	Castaño
Grupo clorofila	Verde	Plantas Verdes

1.2.5 Uso artesanal de colorantes naturales en el teñido de fibras naturales (7)

En la actualidad muchas comunidades indígenas, están elaborando sus tejidos con hilos teñidos con plantas tintóreas, utilizando métodos artesanales sencillos y que les proporcionan buenos resultados.

Existen dos grupos de fibras, las artificiales que son producidas mediante síntesis química como el poliéster, entre otros y las naturales, que pueden ser de origen vegetal o animal.

1.2.5.1 Fibras textiles naturales

Es el material con el cual se fabrican los hilos y los tejidos. Se encuentran en la naturaleza como parte de las semillas, en los vegetales o en el pelo de los animales. Muchas fibras se encuentran disponibles en el mercado y son de origen vegetal, animal o mineral.

Las fibras representan para muchos países una fuente económica de gran importancia, sobre todo para los productores de fibras vegetales, ya que son consideradas el segundo grupo comercial después de los cereales, pues su cultivo, procesamiento y mercado ofrecen empleo a millones de personas alrededor del mundo.

1.2.5.1.1 Fibras de origen vegetal

La celulosa es el alto polímero natural más extendido e importante y constituye el material de sostén de las células vegetales. Todas las fibras vegetales como el algodón, lino, yute, cáñamo y ramio, contienen un sesenta y noventa por ciento de

celulosa Hay varias plantas que son utilizadas para la obtención de fibras, entre ellas se tienen (en orden alfabético):

Abacá, es una fibra dura también denominada como cáñamo de Manila, resiste mucho el agua salina, por lo que se usa para la elaboración de sogas y cables marinos. Pertenece a la familia Musaceae, la especie utilizada es *Musa textilis*.

Algodón, que es considerada como una fibra suave, es la planta textil más importante del mundo por su volumen de producción que asciende a más de 20 millones de toneladas anuales. El algodón pertenece al género *Gossypium* de la familia Malvaceae, las especies cultivadas son *G. herbaceum*, *G. hirsutum* y *G. barbadense*, que producen fibra corta, media y larga respectivamente.

Cabuya, es una fibra utilizada en la elaboración de hamacas, calzado burdo, alfombras. Sogas, etcétera. Pertenece a la familia Agavaceae y al género *Furcraea*

Cáñamo, planta productora de una fibra blanda y flexible, se cultiva en regiones templadas con objeto de obtener la fibra, pero en las regiones tropicales se cultiva para producir droga, ya que esta planta produce las drogas conocidas como el hachis, la mariguana, entre otras. El cáñamo pertenece a la familia Cannabiaceae, la especie es *Cannabis sativa*.

Capok, llamada también fibra de la ceiba, es una fibra que no se utiliza en la fabricación de hilados, se usa como material flotador en cinturones flotadores, chalecos salvavidas y artefactos de flotación, si se desea hilar, se debe mezclar con otras fibras como el algodón. Es de la familia Bombacaceae, la especie más utilizada es *Ceiba pentandra*.

Coco, esta fibra la produce el cocotero (*Cocos nucifera*, familia Palmae), presenta una alta elasticidad, así como buena resistencia a la humedad y al desgaste. Con esta fibra se elaboran tapetes, escobas, cepillos y como material de relleno.

Henequén, fibra dura que produce sólo a gran escala en México, se utiliza en la fabricación de cables, sacos, telas gruesas como el bramante, alfombras y arpillería. Igual que el sisal, pertenece a la familia Agavaceae, la especie es *Agave fourcroydes*.

Kenaf, fibra conocida también como cáñamo de Deccan, mesta, bimli o yute de Bimlipatam, se cultiva en diversos países tropicales. Al igual que el algodón, pertenece a la familia Malvaceae, las especies usadas son *Hibiscus cannabinus* e *H. sabdariffa*, esta última conocida popularmente como rosella o jamaica.

Lino, planta que genera una fibra suave, ligera y lustrosa, además es más fuerte que el algodón, el principal productor es Rusia, sin embargo, el Reino Unido

es el principal exportador de telas de lino. El lino pertenece a la familia Linaceae, y la especie que se utiliza para la obtención comercial de fibra es *Linum usitatissimum*.

Ramio, conocida en la antigüedad como grass linen, esta fibra se utiliza con los mismos fines que el lino y cáñamo, no son elásticas, pero son muy suaves, por lo que no son muy utilizadas. El ramio es de la familia Urticaceae, la especie más importante es *Bohemeria nivea*.

Sisal, es una fibra dura obtenida del maguey de nombre científico *Agave sisalana*, que pertenece a la familia Agavaceae. Esta planta provee más de 65% del total mundial de las fibras duras, Tanzania es el principal productor de esta fibra.

Yute, fibra resistente que se emplea en la fabricación de bolsas, costales, alfombras y cordeles, es una planta originaria de la India, pero se cultiva en Brasil y Perú, la producción de esta fibra es superior a los tres millones de toneladas. El yute es miembro de la familia Tiliaceae, las especies utilizadas son *Corchorus capsularis* y *C. olitorius*.

. Asimismo, las fibras de seda artificial o rayón y la lana vegetal están formadas exclusivamente por celulosa regenerada, la cual se obtiene por disolución y precipitación de la celulosa natural.

Las fibras vegetales se clasifican en fibras de semilla como el algodón y en fibras de liber, estas últimas se subdividen en fibras de tallo como el lino y en fibras de hoja como el henequén o yute.

1.2.5.1.2 Fibras de origen animal

Las fibras proteínicas más importantes son la lana y la seda. Así como la celulosa funciona en las plantas, las proteínas serán el sostén de los organismos animales. A este grupo pertenecen la queratina (lana, pelo, plumas) y la fibroína de la seda.

La lana procede principalmente de la oveja y en menor cantidad del pelo de camello, cabra, llama y conejo. Su calidad varía con relación a la raza, alimentación y medio ambiente de las especies ovinas.

La seda es el producto de secreción del gusano *Bombyx Mori*. Esa secreción líquida se va solidificando al aire, dando finalmente una fibra enrolada de unos mil metros de longitud.

1.2.5.1.3 Fibras de origen mineral

A este grupo pertenecen las fibras de alginato, vidrio, amianto y las diversas fibras metálicas. Estas fibras son de importancia secundaria, en la industria de los textiles.

1.2.5.2 Teñido vegetal o natural

Se le llama así porque para realizarlo se utilizan sustancias vegetales colorantes y astringentes o tánicas (sustancias que estrechan y fijan colores), que se encuentran en las hojas, flores, cortezas, raíces, frutos de algunos vegetales.

Estas sustancias tienen la propiedad de insolubilizar naturalmente la gelatina en la fibra de algodón o lana, de tal manera, que la transforman en una sustancia no hidrolizante, que lo hace ser un tinte sustantivo, es decir no necesita mordiente o fijador, en cambio otras necesitan ayuda de fijador, para que el tinte se fije en la fibra.

1.2.5.3 Tintes vegetales

Actualmente se están utilizando distintas plantas para realizar el teñido de fibras. Las partes de la planta que se utilizan en el proceso de teñido, son generalmente hojas, corteza, flores, frutos, cáscaras del fruto, semillas y raíces. El hecho que se utilicen plantas, no significa que se afecte el equilibrio ecológico, la mayor parte de materia prima para tinción son desechos de las plantas, por ejemplo, del aguacate se utiliza la pepita, del coco la cáscara.

En la siguiente tabla se enlistan los nombres de algunas plantas, que se utilizan para teñir, el nombre científico y el color que proporcionan, la combinación de algunas plantas produce una coloración distinta, dependiendo la proporción de cada una de ellas. Este proceso es considerado como un arte, debido a la forma en que se combinan las plantas en el momento de teñir.

1.2.6 Acidez y alcalinidad de los tintes naturales

El grado de acidez o alcalinidad del baño de tinte es muy importante, ya que afecta el comportamiento que puede tener el tinte. Por lo que es necesario tener un debido control de la acidez del baño de teñido, para ello se utilizan potenciómetros o papel medidor de pH.

1.2.6.1 Ácidos suaves

Los ácidos de origen natural que pueden utilizarse en el teñido de fibras son:

- a. Limón

- b. Lima
- c. Crémor tártaro
- d. Vinagre

Debe evitarse el uso de ácidos fuertes, es decir ácidos con pH menor de 3, ya que estos afectan el proceso de teñido.

La lana, seda y otras fibras animales, se tiñen generalmente con baños ácidos. Ahora bien el algodón puede ser dañado por los ácidos fuertes por lo que se recomienda no utilizarlos. El pH se debe mantener arriba de 5 durante el teñido del algodón y luego neutralizarlo, lavándolo con un jabón neutro que tenga pH de 7.

Los jabones y detergentes, carbonato y bicarbonato de sodio son álcalis suaves. El carbonato de sodio se utiliza para ajustar el pH del baño de tinte del añil. Otros álcalis fuertes incluyen la lejía de ceniza o el hidróxido de sodio. Cuando cualquier fibra haya sido expuesta a un baño alcalino fuerte debe neutralizarse con un jabón neutro, de otra manera las fibras perderán su brillo natural y resistencia. El añil es el único tinte que necesita un pH arriba de 10.

1.2.7 Mordientes

Son sustancias químicas naturales o sintéticas que preparan la fibra para recibir el tinte, es decir, fijan el tinte para que el color no se destiña. Cuando el método de tinción que se utiliza es indirecto se agrega un mordiente. Actualmente se utilizan por su acción más energética, sales metálicas como la piedra de alumbre, crémor tártaro, carbonato de sodio, hierro y otros.

Los tintoreros momostecos en el proceso de teñido artesanal, utilizan también ceniza, de la cual preparan una lejía para teñir con añil, sacatinta.

Si el método utilizado en el teñido es directo en agua caliente, éste se realiza con plantas que son ricas en sustancias tánicas las que actúan como mordientes naturales.

1.2.8 Taninos

El tanino es una sustancia astringente contenida en algunos vegetales, que sirve para adherirse en las fibras y que también se usa para curtir pieles. Se clasifican en fuertes y suaves; entre los taninos fuertes se tiene el encino, la granada, el nance, el aguacate y entre los taninos suaves el nogal negro y el aliso. Los taninos son también tintes al mismo tiempo de ser mordentes o fijadores.

El nombre tanino deriva del francés *TANIN* y este del germánico *TAN TANNA*. Químicamente, se define como cualquiera de los principios inmediatos

vegetales, terciarios (C,H,O), de sabor astringente, que reaccionan en forma fácil con las sales de hierro originando productos de un color azul, negro o verde. (8, 9)

Por la propiedad que tienen los taninos de reaccionar en forma fácil con sales férricas, proporcionando productos de tonos muy variados, éstos han sido utilizados universalmente en la tintorería y por ende en la elaboración de tintas.

1.2.9 Pigmentos naturales flavonoides (2,3)

Los flavonoides son pigmentos vegetales que poseen un esqueleto carbonado $C_6-C_3-C_6$, es uno de los grupos más numerosos y ampliamente distribuidos de constituyentes naturales, conocidos algunas veces como antoxantinas.

Estos compuestos tienen como características generales su solubilidad en agua y en etanol, su carácter fenólico y su intensa absorción en la región ultravioleta y visible del espectro debido a la presencia de sistemas aromáticos y conjugados. Por regla general son insolubles en éter de petróleo, lo que permite desengrasar un material antes de extraerlos. Para realizar una clasificación preliminar se puede hacer un estudio de sus propiedades de solubilidad y de comportamiento ante reacciones de color, seguidamente se hace un examen cromatográfico del extracto, y la identificación de los componentes individuales por comparaciones cromatográficas y espectroscópicas con compuestos estándar o con la literatura.

Los flavonoides se emplearon durante mucho tiempo como colorantes de lana, y actualmente se usan en la conservación de grasas o jugos de frutas debido a las propiedades antioxidantes de algunas polihidroxi flavonas. Entre otras aplicaciones están la de los glucósidos de dihidrochalconas como edulcorantes, de la rotenona como insecticida, etc.

La principal función de los flavonoides es que desempeñan un papel importante en las reacciones ecológicas entre las plantas y con otros organismos insectos benéficos depredadores y de otros animales.

De acuerdo con el libro de Colorantes Naturales de la doctora Olga Lock , hasta 1990 se conocían alrededor de 3000 flavonoides, entre ellos 450 flavonoles, 300 flavonas, 150 isoflavonas, 60 chalconas, 20 auronas, etc., los que encuentran extensamente distribuidos entre las plantas, tanto libres o como glicósidos; estos últimos contribuyen a darle color a las flores, frutos y hojas.

1.2.10 Estructura

Se conocen como diez clases de flavonoides, todos contienen quince átomos de carbono en su núcleo básico y están arreglados bajo un sistema $C_6-C_3-C_6$, en el cual dos anillos aromáticos llamados A y B están unidos por una

unidad de tres carbonos que pueden o no formar un tercer anillo, que en caso de existir es llamado anillo C.

Cada una de las clases de flavonoides, suele encontrarse bajo la forma de glicósidos con una o tres unidades de azúcar, generalmente en los carbonos 3 y/o 7, siendo los azúcares más comunes la glucosa, galactosa, ramnosa, xilosa y arabinosa.

Los flavonoides se encuentran generalmente en mezclas como agliconas y/o glicósidos; en muchos casos, debido a la complejidad de la mezcla es más frecuente el estudio de estos compuestos bajo la forma de agliconas para lo cual los extractos deben hidrolizarse previamente.

1.2.11 Extracción y técnicas de identificación

Los solventes empleados en la extracción de flavonoides son muy variados y pueden ser desde muy polares como el agua y etanol para glicósidos o agliconas muy hidroxiladas, hasta menos polares como éter y cloroformo para flavonas altamente metoxiladas. Es recomendable emplear una sucesión de dos o más solventes, usualmente en el orden lipofílico; por ejemplo: éter de petróleo, benceno, éter etílico, acetato de etilo, alcoholes y finalmente agua, aunque con el agua se presenta la desventaja de su alto punto de ebullición y presión de vapor que dificultan luego el ser removida rápida y completamente del extracto; por otro lado, podrían ser extraídos otros compuesto de alto peso molecular que usualmente interfieren en las subsiguientes etapas de purificación del flavonoide.

La extracción de compuestos colorantes de las plantas se pueden realizar por distintos métodos: la infusión o decocción que es la técnica más popular, consiste en una extracción en agua de la planta fresca o seca con ayuda de calor, o en alcohol (tintura, vino), en algunos casos se usa la planta machacada, como cataplasma, jugo o polvo de la planta seca administrada directamente.

La extracción para tamizaje se realiza con una extracción por maceración a temperatura ambiente con uno a tres solventes con diferentes polaridades, generalmente diclorometano o hexano, éter o etanol y agua. Los extractos se concentran, evaporando los solventes a presión reducida y temperatura controlada (rotavapor) hasta alcanzar un estado de miel. Con los extractos acuosos se concentran por medio de liofilización. De esta forma los extractos son más estables y fáciles de almacenar y dosificar.

La extracción para elucidación estructural consiste en una maceración o extracción Soxhlet usando inicialmente un solvente de amplio espectro (metanol o etanol) y luego un fraccionamiento con diferentes solventes o mezclas de solventes que permiten separar las diferentes fracciones por partición. Idealmente el fraccionamiento debe ser guiado por un bioensayo que permita llegar a la

estructura química responsable de la actividad en un tiempo relativamente corto.
(12)

Los flavonoides se pueden extraer por los siguientes métodos:

a.Extracción con metanol y cromatografía: se realiza una extracción con metanol en frío, el extracto se seca en presencia de policaprolactama (nylon) pulverizada. El residuo es lavado con cloroformo, después con agua y finalmente con metanol.

Todos los flavonoides se van en el metanol. La solución metanólica se evapora y el residuo se percola por una columna cromatografica empacada con gel de sílice. El componente principal se eluye con acetato de etilo y se cristaliza en metanol-agua. Este procedimiento se utilizó para estudiar la parte aérea de *Oethera lavandulaefolina*, obteniéndose cristales anaranjados de p.f. 198-201 °C (peso 0.380 g).

b.Extracción con etanol y separación con borax: para obtener kaemferol de los pétalos de rosas amarillas se utiliza etanol caliente. El extracto se evapora a presión reducida. El residuo se extrae varias veces con éter de petróleo y después se hierve con una solución acuosa o etanólica de ácido sulfúrico (al 7 %) durante 2 horas. La suspensión enfriada se extrae varias veces con éter etílico. Se juntan los extractos y se extraen con una solución acuosa de 10 % de bórax, el cual disuelve la quercetina, p.f. 312 °C, que se recupera al añadirle un ácido. Al destilar el éter queda kaemferol, p.f. 275 °C como residuo.

c.Extracción y separación con sales de plomo: con pétalos secos y molidos, de flor de jamaica (*Hibiscus Sabdariffa*), se extraen con etanol. El etanol se destila a presión reducida y el residuo se extrae con éter de petróleo, para quitarle lípidos y carotenoides. En seguida se extrae con éter etílico y finalmente el residuo mezclado con un poco de etanol se deja en el refrigerador varios días para que se separe la hibiscitrina, la cual se recristaliza en etanol diluido, cristales amarillos, p.f. 238-240 °C.

El filtrado obtenido se diluye con agua, se trata con suficiente acetato de plomo para precipitar los flavonoides. El precipitado se filtra, se suspende en etanol y se descompone burbujeando ácido sulfhídrico. Se filtra el sulfuro de plomo, y el filtrado se calienta para eliminar el exceso de ácido sulfhídrico. En seguida se evapora a presión reducida.

El residuo siruposo se macera con éter etílico anhidro. El sólido amarillo formado se cristaliza en etanol; se obtienen prismas amarillentos de gositrina, p.f. 181 °C.

d.Extracción con etanol: hojas y tallos de apio triturados se mezclan con etanol. El extracto se concentra a presión reducida y se filtra en caliente sobre un poco de carbón activado. Al enfriarse forma una pasta gelatinosa que se separa de los licores madres. La masa gelatinosa se extrae en frío con éter para eliminar la clorofila, luego se extrae varias veces con acetona helada. La porción insoluble (apiina cruda) se disuelve en agua caliente y se pone a hervir, se le añade, gota a gota, una solución de acetato neutro de plomo hasta que no se forme más precipitado, la suspensión se filtra en caliente. El precipitado se descarta y al

filtrado se le añade, poco a poco, una solución de acetato básico de plomo hasta que no se forme más precipitado, éste se recoge por filtración. El precipitado de plomo se suspende en etanol y se le burbujea exceso de ácido sulfhídrico. Se filtra la suspensión. El filtrado se hierve para eliminar el exceso de ácido sulfhídrico y después se concentra. El concentrado se deja reposar en un lugar frío y se separan los cristales, los cuales se recristalizan en etanol dando agujas incoloras de apiina, p.f. 230-232 °C. (6)

Los métodos anteriores son para extractos específicos, generalmente los flavonoides se pueden extraer con etanol al 70 % o metanol al 80 %, sin embargo se debe tomar en cuenta que el método de extracción depende de la textura y contenido de agua en la planta, así como de la sustancia a extraer.

Para la identificación de flavonoides se utilizan varias reacciones coloridas, la más usual es la reacción de Shinoda.

Nombre	Descripción
Reacción de Shinoda	al extracto alcohólico incoloro o ligeramente amarillo se le coloca un pequeño trozo de magnesio y unas pocas gotas de HCl concentrado el desarrollo inmediato de coloración es indicativo de la presencia de flavonas y flavonoles (amarillo a rojo), flavanones (rojo a magenta) flavanonas (rojo, magenta, violeta, azul), isoflavonas (amarillo), isoflavanonas, chalconas y auronas no dan coloración.
Reacción con H ₂ SO ₄ conc.	las flavonas y flavonoles dan coloraciones fuertemente amarillas, las flavanonas, anaranjadas o guindas; las chalconas y auronas, rojo guinda o rojo azulado.
Reacción con álcalis	los extractos acuosos pueden mostrar variaciones de color con el agregado de un álcali, si hay presencia de flavonas, flavanones e isoflavonas se ponen amarillas; flavanonas y flavonoles cambian de amarillo a naranja; chalconas de naranja a rojizo.

Prueba de Marini Bettolo	con solución de $SbCl_5$ en CCl_4 , los flavonoides en general dan colores característicos o formación de precipitados; por ejemplo, las flaonas dan precipitados amarillo o anaranjado, y las chalconas, rojo oscuro o violeta.
Reactivo de Dimroth	solución de H_3BO_3 en Ac_2O , las 5-hidroxi flavonas dan soluciones anaranjadas o rojas
Reacción con solución acuosa o etanólica de $FeCl_3$	Aunque hay coloración en presencia de cualquier compuesto fenólico, la aparición de un color verde sugiere la presencia de un derivado de catecol y de un color azul de un derivado de pirogalol.

1.2.12 Equipo de extracción

Para la extracción de sólidos se dispone a nivel de laboratorio de aparatos simples para la extracción semicontinua, que utilizan una mínima cantidad de solvente con el máximo de rendimiento en la extracción y la recuperación del solvente.

El extractor clásico de este tipo es el aparato de Soxhlet, es un aparato semicontinuo, pues en una de las fases (el sustrato) se agrega sólo al principio, mientras que el solvente cumple un ciclo de extracción-purificación continuo. La purificación se realiza en forma paralela, por destilación, de tal manera que el sustrato siempre se contacta con solvente puro. El aparato consta de tres partes principales: el matraz, la cámara de extracción y el refrigerante de reflujo. (Ver apéndice B, figura 19, pág. 106)

El matraz inferior contiene el solvente, que por calor se evapora. La cámara de extracción en su parte inferior tiene un tubo estrecho doblado en U que funciona como sifón. En la cámara de extracción se introduce la sustancia-problema, dentro de un cartucho de papel filtro o en una bolsita de tela tupida.

Los vapores llegan al refrigerante que los condensa y el líquido cae en gotas sobre la sustancia-problema. Cuando el condensado alcanza la altura del sifón refluje al matraz, cargado de principios extraídos.

Se continúa así hasta un número calculado de horas, lo suficiente para agotar el material, es decir, que el líquido pase incoloro por el tubo-sifón.

Es útil en escala laboratorio, porque, si bien la eficiencia de extracción no es muy alta, la regeneración del solvente se produce automáticamente con lo cual se evita el excesivo manipuleo de la extracción discontinua en sucesivas etapas.

1..2.13 Cromatografía

La cromatografía es una técnica de separación basada en la diferencia de velocidad con que se mueven los solutos a través de un medio estacionario mediante el flujo en un disolvente llamado eluente.

1.2.13.1 Clasificación de la cromatografía

La cromatografía se clasifica en: cromatografía de reparto, cromatografía de adsorción, cromatografía de exclusión, cromatografía de permeación y cromatografía de intercambio iónico.

1.2.13.2 Cromatografía de reparto

La separación de una mezcla de solutos es función de la distribución de las moléculas de estos entre una fase estacionaria líquida, soportada sobre un sólido, y la fase móvil o eluente del sistema.

La fase móvil puede ser un líquido o un gas según sea el caso de la cromatografía; en caso de que la cromatografía sea líquida-líquida la fase móvil será un líquido, o de un gas en cuyo caso es cromatografía gas-líquido.

Si el soluto A se disuelve en B y C, la distribución entre ellos está dada por la ecuación:

$$\text{Coeficiente de reparto} = (\text{concentración de A en B})/(\text{concentración de A en C})$$

La temperatura a la que el coeficiente de reparto se determina es constante.

Cromatografía líquido-líquido: se lleva a cabo principalmente en celulosa y gel de sílice húmeda, el agua se comporta como soporte por lo que se emplea para separar sustancias acuosolubles, se puede realizar en papel, columna o capa fina, la fase estacionaria está constituida por la parte individual de cada fibra.

Cromatografía gas-líquido: se elige la fase estacionaria que presente una estructura análoga a una de las sustancias que presente la mezcla. Se crea una película muy fina para facilitar el reparto, esta capa debe poseer baja volatilidad sobre el soporte sólido y de esta forma aumentar la superficie interfacial entre el gas y el líquido tanto como sea posible.

1.2.13.3 Cromatografía de adsorción

La adsorción se manifiesta por un aumento de la concentración del soluto en la interfase que rodea el medio estacionario. La separación está basada en las diferencias en el comportamiento, adsorción, desorción de sustancias contenidas en las fases móvil sobre un sólido estacionario y pueden ser sistemas líquido-sólido y gas-sólido. Se deben tomar en cuenta tres variables que influyen en el proceso de adsorción: adsorbente, eluyente y solutos. El término adsorción en términos cromatográficos se refiere a interacciones débiles.

Cromatografía líquido-sólido: la fase estacionaria suele ser gel de sílice, alúmina, carbón activado y polvo poliamida. Algunas veces al aplicar alúmina pueden ocurrir cambios químicos, es decir, quimisorción durante el paso del soluto por la fase estacionaria.

Cromatografía gas-sólido: los adsorbentes más usados son alúmina, gel de sílice, carbón activado y mallas moleculares. Se realizan en columna, el material que se utiliza como adsorbente debe presentar una estructura rígida, tamaño uniforme y ser químicamente inerte.

1.2.13.4 Cromatografía de exclusión

La separación está basada en los diferentes volúmenes moleculares de los solutos. El tiempo de elución es proporcional al peso molecular de los mismos, lo que da como resultado que no sea muy usada con compuestos de alto peso molecular. En este proceso principalmente, se emplean geles no iónicos de partículas uniformes y porosos como fase estacionaria

Cromatografía de filtración: se emplean geles de filtración como el sephadex, que es un polímero de dextrano. El eluyente empleado es agua o soluciones amortiguadoras, los geles aumentan su volumen cuando se ponen en contacto con el eluyente e impiden el paso de moléculas de gran tamaño a través de sus poros, y por eso se separan primero.

1.2.13.5 Cromatografía de permeación

Se emplean polímeros que se disuelven en solventes orgánicos como fase estacionaria.

1.2.13.6 Cromatografía de intercambio iónico

Se lleva a cabo con materiales especiales de estructura porosa e insoluble los cuales contienen grupos reactivos que están asociados a iones hábiles capaces de intercambiarse con otros iones presentes en el medio que los rodea.

Se emplea en separaciones de sustancias iónicas, tanto orgánicas como inorgánicas.

1.2.13.7 Cromatografía de capa fina

La cromatografía en capa fina es una herramienta importante en la identificación de colorantes naturales. Se realiza por medio de placas cromatográficas, una fase estacionaria y una fase móvil móvil.

1.2.13.8 Proceso de adsorción

La muestra aplicada en la capa es adsorbida en la superficie del material por la acción de fuerzas electrostáticas (fuerzas de Van der Waals, puentes de Hidrógeno, efectos inductivos, etc.). Luego, cuando la capa es expuesta a un flujo por acción capilar se inicia una competencia de enlaces entre los sitios activos del adsorbente y la sustancia con el solvente.

1.2.13.9 Fase estacionaria (adsorbentes)

El adsorbente o adsorbente, (en algunos casos) más utilizados son: Gel de sílice, que funciona a menudo como soporte para el agua u otros disolventes polares en las separaciones líquido-líquido. Sin embargo, si se seca en un horno la capa del gel de sílice después de preparada, ésta pierde la mayor parte de la humedad y su superficie resulta predominantemente sólida de modo que sirve como adsorbente para separaciones líquido-sólido, se debe tener cuidado para evitar exponer la superficie a la atmósfera, ya que la absorción de la humedad del aire se da en pocos minutos.

Oxido de Aluminio o alúmina (ácida, neutra o básica), tierra silíceo o Kieselguhr, celulosa (nativa o micro-cristalina), poliamidas, son otros de los adsorbentes utilizados en los procesos de cromatografía en capa fina.

Estos adsorbentes deben tener ciertas características: tamaño de partícula, volumen de poro, diámetro de poro, área superficial, homogeneidad, pureza.

1.2.13.10 Preparación de las placas para cromatografía

Las placas para cromatografía en capa fina, pueden prepararse distribuyendo una pasta acuosa del sólido finamente dividido sobre la superficie limpia de una placa de vidrio o de mylar, o un portaobjetos de microscopio. Por lo general, se agrega una sustancia adhesiva a la mezcla para mejorar la adhesión de las partículas sólidas entre sí y con el vidrio. Se deja entonces la placa en

reposo hasta que la capa se asienta y se adhiera intensamente a su superficie; en algunos casos puede calentarse en un horno durante varias horas.

La limpieza de las separaciones en la técnica de capa fina depende de la existencia de partículas con un estrecho intervalo de tamaño y de una capa de grosor uniforme.

Se usan como soporte del adsorbente láminas de vidrio, plástico o metálicos, como el aluminio. Los tamaños de la placa para TLC convencional son: 20 cm x 20 cm; 10 cm x 20 cm y 5 cm x 2 cm.

Hay placas que contienen un indicador de fluorescencia: F_{254} ó F_{366} . El número que aparece como subíndice indica la longitud de onda de excitación del indicador utilizado.

1.2.13.11 Aplicación de la muestra

La muestra se aplica en la capa según el objetivo: banda, punto o mancha. Se coloca una gota de la muestra cerca del extremo de la placa y se marca su posición con un lápiz.

1.2.13.12 Desarrollo de la placa

Es un proceso mediante el cual los compuestos son transportados a través de la fase estacionaria por la fase móvil.

Después de colocar la gota de muestra se evapora el disolvente de la muestra, se coloca la placa en un recipiente cerrado saturado con los vapores del disolvente utilizado para el desarrollo. Se moja un extremo de la placa con el disolvente, teniéndose cuidado de no mojar la muestra. Después de que el disolvente ha recorrido la longitud de la placa, ésta se retira y se seca; la posición de los componentes se determina por diferentes medios.

1.2.13.13 Cámaras para desarrollo

Existen varios tipos de cámaras:

- Normal
- Doble compartimiento
- *Sándwich*
- Horizontal
- Vario KS
- U
- Detección o visualización

Dependiendo del tipo de cámara la dirección del flujo puede ser, flujo ascendente, flujo descendente y flujo horizontal.

1.2.13.14 Identificación de la especie

Si la muestra no es coloreada se requiere de métodos que permitan visualizar el (los) componente(s) presentes. Este procedimiento se conoce también como revelado.

Los métodos son:

- Químicos (por inmersión). Se obtienen derivados coloreados o fluorescentes.
- Físicos (ópticos). Se utiliza radiación UV

Dos métodos comunes, que pueden aplicarse a la mayoría de las mezclas orgánicas, consisten en rociar con soluciones de yodo o ácido sulfúrico; ambos reaccionan con los compuestos orgánicos para dar productos de reacción de color oscuro. También se utilizan reactivos específicos como la ninhidrina, para localizar especies determinadas; se puede incorporar un material fluorescente a la fase estacionaria. Las sustancias fluorescentes se pueden detectar con una lámpara ultravioleta.

Después del desarrollo, se examina la placa con luz ultravioleta. En este caso, toda la placa presenta fluorescencia, excepto en los sitios donde se localizan los componentes no fluorescentes de la muestra.

1.2.13.15 Evaluación de un cromatograma de capa fina

La evaluación puede realizarse por los siguientes métodos:

- a. Análisis cualitativo
 - Medida de R_f
 - Comparación visual de color/intensidad
 - Propiedades UV/IR/MS/NMR
- b. Análisis semi-cuantitativo

Se puede lograr una estimación semicuantitativa de la cantidad presente de un componente realizando una comparación visual del diámetro y la intensidad del color de la mancha contra una serie de manchas patrones de concentración conocida. Se puede obtener mejores datos rascando la mancha de la placa, extrayendo el analito de la fase sólida y midiendo su concentración por medio de un método químico o físico adecuado.

c. Análisis cuantitativo

- Indirecta
- Directa
- Densitometría, se utiliza un densitómetro de barrido para medir la radiación emitida por una mancha por fluorescencia o reflexión.
- Medida de transmisión, medida de luz transmitida a través de la sustancia.
- Medida de emisión, medida de luz reflejada desde la sustancia.
- Espectrofotometría.
- Fluorescencia.
- Florescencia con *quenching*.(20)

El fruto de aguacate.

MORFOLOGÍA Y TAXONOMÍA DEL AGUACATE

Familia: Lauráceas.

Especie: *Persea americana*.

Origen: México, y luego se difundió hasta las Antillas.

Planta: árbol extremadamente vigoroso (tronco potente con ramificaciones vigorosas), pudiendo alcanzar hasta 30 m de altura.

Sistema radicular: bastante superficial.

Hojas: .Árbol perennifolio. Hojas alternas, pedunculadas, muy brillantes.

Flores: flores perfectas en racimos subterminales; sin embargo, cada flor abre en dos momentos distintos y separados, es decir los órganos femeninos y masculinos son funcionales en diferentes tiempos, lo que evita la autofecundación. Por esta razón, las variedades se clasifican con base en el comportamiento de la inflorescencia en dos tipos A y B. En ambos tipos, las flores abren primero como femeninas, cierran por un período fijo y luego abren como masculinas en su segunda apertura. Esta característica de las flores de aguacate es muy importante en una plantación, ya que para que la producción sea la esperada es muy conveniente mezclar variedades adaptadas a la misma altitud, con tipo de floración A y B y con la misma época de floración en una proporción 4:1, donde la mayor población será de la variedad deseada. Cada árbol puede llegar a producir hasta un millón de flores y sólo el 0,1 % se transforman en fruto, por la *abscisión de numerosas flores y frutitos en desarrollo.

Fruto: baya unisemillada, oval, de superficie lisa o rugosa. El envero sólo se produce en algunas variedades y la maduración del fruto no tiene lugar hasta que éste se separa del árbol.

Órganos fructíferos: ramos mixtos, chifonas y ramilletes de mayo. El de mayor importancia es el ramo mixto.

EXIGENCIAS EN CLIMA Y SUELO

EXIGENCIAS EN CLIMA

El aguacate puede cultivarse desde el nivel del mar hasta los 2.500 msnm; sin embargo, su cultivo se recomienda en altitudes entre 800 y 2.500 m, para evitar problemas con enfermedades, principalmente de las raíces. La temperatura

y la precipitación son los dos factores de mayor incidencia en el desarrollo del cultivo.

En lo que respecta a la temperatura, las variedades tienen un comportamiento diferente de acuerdo a la especie. La especie antillana es poco resistente al frío, mientras que las variedades de la especie guatemalteca son más resistentes y las mejicanas las que presentan la mayor tolerancia al frío.

En cuanto a precipitación, se considera que 1.200 mm anuales bien distribuidos son suficientes. Sequías prolongadas provocan la caída de las hojas, lo que reduce el rendimiento; el exceso de precipitación durante la floración y la fructificación, reduce la producción y provoca la caída del fruto.

El terreno destinado al cultivo debe contar con buena protección natural contra el viento o en su ausencia, establecer una barrera cortavientos preferentemente un año antes del establecimiento de la plantación. El viento produce daño, rotura de ramas, caída del fruto, especialmente cuando están pequeños. También, cuando el viento es muy seco durante la floración, reduce el número de flores polinizadas y por consiguiente de frutos.

El exceso de humedad relativa puede ocasionar el desarrollo de algas o líquenes sobre el tallo, ramas y hojas o enfermedades fúngicas que afectan el follaje, la floración, la polinización y el desarrollo de los frutos. Un ambiente muy seco provoca la muerte del polen con efectos negativos sobre la fecundación y con ello la formación de menor número de frutos.

EXIGENCIAS EN SUELO

Los suelos más recomendados son los de textura ligera, profundos, bien drenados con un pH neutro o ligeramente ácidos (5,5 a 7), pero puede cultivarse en suelos arcillosos o franco arcillosos siempre que exista un buen drenaje, pues el exceso de humedad propicia un medio adecuado para el desarrollo de enfermedades de la raíz, fisiológicas como la asfixia radical y fúngicas como fitoptora.

ELECCIÓN DEL MATERIAL VEGETAL

El comercio mundial está especialmente dirigido a los mercados europeos; 60% del total es consumido por Francia seguido en orden de importancia por Alemania, el Reino Unido e Italia. Los principales productores son: Méjico, Estados Unidos, China, Indochina, Filipinas, Israel, Argelia, Cuba, Kenia y España (Islas Canarias).

Existen tres especies dentro del aguacate: Mejicana, Antillana y Guatemalteca. La especie Guatemalteca presenta caracteres intermedios con respecto a las otras dos especies. La mejicana es más tolerante al frío y más sensible a los suelos salinos que la Antillana.

ORIGEN DEL AGUACATE

Algunos científicos piensan que todos los aguacates cultivados históricamente parten de dos especies de *Persea*: *P. americana* Mill. y *Persea nubigena* L. Wms, con dos variedades botánicas en cada una de ellas. El centro de origen de las especies a las cuales pertenecen los aguacates, serían las tierras altas centrales y orientales de México hasta Guatemala. Seis especies de *Persea*, todas relacionadas con este fruto son nativas de esta área, así como también dos híbridos considerados naturales, los cuales fueron descritos originalmente desde allí. Sólo una especie, la *Persea primatogena* Williams y Molina se sabe que no ocurrió en otra área, pero se encontró en una región vecina, las montañas altas de Nicaragua.

El aguacate es polinizado por insectos. La maduración del fruto se acelera después de cosechado, pero buenas técnicas de almacenamiento pueden retardar el proceso. La pulpa del fruto maduro contiene la siguiente composición: Agua en un 65-80 por ciento; azúcar uno por ciento; proteínas entre uno y cuatro por ciento; aceite entre tres y 30 por ciento. El aceite es similar en su composición al aceite de oliva, es rico en vitamina "B", bueno en vitamina "A" y "E", y es altamente digerible.

LOS ORIGENES DE LA FRUTA

- Popenoe (1952, citado por Williams), concluyó que el origen del aguacate era el señalado para las especies de *Persea* y que sólo dos especies ocurrían desde Honduras con cercana relación genética con las especies de México y Guatemala.
- Las cuatro variedades, de las cuales se mencionan dos para cada especie, son: *Persea americana* Mill, var. *drymifolia*. Es el aguacate mexicano y el más antiguo usado como alimento desde antes del desarrollo de la agricultura hasta nuestros días. Las evidencias arqueológicas muestran el uso del aguacate por el hombre primitivo americano. Se encontraron semillas fosilizadas en el Valle de Tehuacan, Puebla, México, que datan de 7,000-8,000 años antes de Cristo.
- *Persea americana* Mill. var. *americana*. Es el aguacate de las Indias Occidentales.

Su uso se extendió desde México hasta el Perú. Evidencias arqueológicas señalan su existencia en Perú, desde hace 3,000 a 4,000 años.

- *Persea nubigena* L. Wms. var. *nubigena*. Es el ancestro silvestre del aguacate de Guatemala, el cual tiene una población homogénea, distribuida en la faja de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica, la cual se hace más amplia en Guatemala, donde las montañas altas son más extensas y forman bosques montañosos. También se localizan poblaciones silvestres de esta especie en las montañas altas y bosques nublados de Honduras y Nicaragua.

- *Persea nubigena* L. Wms. var. *guatemalensis*. Es el aguacate de Guatemala. Se estima como el mejor aguacate aparecido en tiempos de la preconquista de América, y su origen se atribuye a formas silvestres de *P. nubigena* L. Wms. var. *nubigena*, profusamente dispersas, en bosques altos, montañosos desde México hasta Guatemala.

CENTRO AMERICA PUNTO DE ORIGEN

Otras especies de aguacate explotados como cultivo son también originarios del área de Centro América; así tenemos *Persea steyennarkii* Allen, el cual se considera muy cercano a *P. nubigena*, aunque diferenciado de éste en el color del follaje. Esta especie es reportada para Guatemala y El Salvador.

PRODUCCION MUNDIAL DE AGUACATE

Con una producción de 2'000 000 ton, los aguacates pueden considerarse como una fruta internacional. América domina la producción de aguacate con el 80%. América del Norte y Central producen el 60% con México como el país dominante. Sudamérica produce el 20% y el resto del mundo el otro 20%. El aumento en área plantada, principalmente de Hass, y el aumento en producción con técnicas mejores conducirán a un fuerte aumento en la producción en el futuro próximo. El consumo doméstico representa el 90% de la producción total y sólo el 10% se comercializa internacionalmente. La UE es el mayor importador con EUA como el siguiente mercado importante. Los productores tendrán que planear la comercialización de mayores cosechas en el futuro. Ellos tendrán que ser más sensitivos a las necesidades de los clientes. Iniciativas de mejora, cooperación y trabajo intenso asegurarán un buen futuro para el aguacate.

La producción mundial del aguacate se estima en 2 000 000 ton para el año 2000. América produce el 80% del aguacate en el mundo con 60% de América del Norte y Central y el 20% en Sudamérica. El resto del mundo produce el otro 20%.

Los niveles de producción son bajos en muchos países aguacateros. Los rendimientos aumentarán como resultado de la implementación de técnicas nuevas. Los problemas principales se han resuelto y han contribuido al bienestar de la industria. Muchos avances nuevos son promisorios y fueron sólo sueños en el pasado, y los científicos merecen nuestra gratitud.

Una gran expansión de áreas productoras de Hass aumentará la producción en el futuro cercano. Podemos esperar que la producción se duplique en los próximos 10 años. Los productores tendrán que convencerse que la producción marginal no será suficiente para sobrevivir económicamente en el futuro. Rendimientos mayores de fruta de calidad asegurarán buenas ganancias. Los productores tendrán que convencerse que los volúmenes mayores significarán negocios mayores, lo cual involucrará también compañías administradoras más grandes. Esto puede significar que los productores tendrán que cooperar con productores que ahora consideran competidores. Los productores deberán estar más pendientes de las necesidades de sus clientes. Cultivar, tamaño, calidad, condición, empaque, presentación, son algunos factores que serán más importantes en el futuro; esto es principalmente cierto para los mercados internacionales. Los productores deberán tomar nota del desarrollo de las preferencias hacia los alimentos orgánicos a nivel mundial. El productor exitoso del futuro requerirá más habilidad y consideración en la producción. El reto será aumentar cantidad y calidad de fruta en un sistema aceptable a sus clientes.

PRODUCCIÓN DE AGUACATE.

Principales países productores (ton):

México	600-800 000	Venezuela	46000
EUA	160- 200000	Colombia	43000
Rep. Dominicana	150 000	El salvador	37000
Brasil	115000	Camerún	34000
Indonesia	105000	Costa Rica	32000
Israel	75000	Australia	32000
Sudáfrica	80000	Guatemala	30000
España	60000	Zaire	28000
Haití	60000	Kenia	9000
Chile	60000	Nueva Zelanda	4000

CONSUMO

Consumo Doméstico

El consumo doméstico de aguacate es de 1 800 000 ton que representa el 90% de la producción mundial. México con un consumo de 10 kg/cápita, Israel con 4

kg/cápita, Chile con 2.5 kg/ cápita y otros muestran el potencial real del Mercado fresco. Esto es un indicador de que el consumo puede aumentar. Es interesante que el 50% de la producción en Brasil se consume como bebida fresca. En Argentina parte de la producción se vende como “ensalada de palta”.

La producción futura aumentará mucho en los próximos cinco años y la demanda de mercados debe incrementarse para que la producción sea redituable. La base de clientes debe ampliarse y los mercados actuales deberían proponerse incrementar el consumo. Usos nuevos como el alimento para bebés y el factor “folate” deberían promoverse.

MERCADEO INTERNACIONAL DE AGUACATE

Sólo el 10% (200 000 ton) de la producción de aguacate se comercializa internacionalmente. Pocos mercados son significantes internacionalmente. De los mercados actuales, la Unión Europea es el más importante, seguido por el de EUA. EL desarrollo de mercados en países como Canadá, Japón, Singapur y otros será esencial para absorber los aumentos esperados en la producción. Es tiempo de que los productores competidores acuerden una estrategia de desarrollo de mercados. Ustedes no se pueden dar el lujo de sobreoferta en los mercados y bajar los precios. Ahora es buen tiempo para considerar opciones y oportunidades para el futuro. El mercado del aguacate está en las manos de los delegados en este IV Congreso Mundial del Aguacate.

UNION EUROPEA

La Unión Europea (UE) es el mercado internacional más importante con 150 000 ton de aguacate por año. Esto significa que 3 de cada 4 aguacates que se exportan, se van a Europa. Cuatro países dominan el abastecimiento a Europa.

ESPAÑA

España es un miembro de la UE y es el abastecedor preferido. Del total de 60 000 ton, España exporta 30 000 a Europa. España tiene la ventaja de la cercanía a los mercados y puede comercializar fruta fresca.

SUD AFRICA

Sudáfrica fue el principal abastecedor durante los últimos 10 años con 20-40 000 ton. La cosecha estimada por exportar en el 2000 es de 60 000 ton. El largo viaje por mar a Europa hace muy difícil el manejo de la calidad. Atmósferas controladas y el manejo sofisticado de la temperatura es esencial para la calidad del fruto.

ISRAEL

Israel domino el Mercado de la UE con 64% en 1987. Durante los últimos años exportaron de 30-40 000 ton. La industria tiene una base técnica muy fuerte y la producción estimada para 1999 es de 75 000 ton con un volumen de exportación de 50 000 ton. El agua es un factor limitante de la producción.

MEXICO

México exporta a Europa sólo un pequeño volumen de su cosecha total. La ventaja es que Hass es el principal cultivar. En algunos años México exportó hasta 34 000 ton a Europa.

Francia domina el mercado Europeo del aguacate. Hasta el 70% de las importaciones va a los mercados Franceses, aunque una volumen muy importante se re-exporta al resto de Europa. El consumo en Francia es de 1.2 kg/cápita y en el resto de la UE, menos de 300 g/cápita. El reto para los países productores es aumentar el consumo a 750 g/cápita dentro de los próximos 5 años. Esto será vital para conservar vivas las industrias en España, Sudáfrica, Israel y Kenia.

Los precios han disminuido constantemente de 40-45 francos franceses (FF) en 1985 a 25-35FF en 1998. Los precios se recuperaron en 1999 a 40-55 FF. Esperamos que este sea un punto de cambio.

La calidad del fruto en los mercados varía y es causa de preocupación. EL manejo de mejor calidad aumentará el potencial en los mercados de la UE. Debemos recordar que el 20% de los clientes Franceses comen frutas y hortalizas orgánicas.

Promoción y publicidad es cara y controversial entre los productores quienes tienen que pagar los costos. La comunicación entre países exportadores podría tener beneficios al aumentar la eficiencia de promoción y consumo.

EUA

Después de la UE los EUA son el segundo mercado de importación más importante. El consumo local es de 700 g/capita y está aumentando. Tres países dominan las exportaciones a los EUA: **México**, con una producción de 750 000 ton es el mayor productor de aguacates del mundo. La disminución de la cuarentena de exportación a los EUA es un factor principal del mercado. La fruta Mexicana es permitida en 19 estados del noreste y bajo ciertas regulaciones aumentará sus envíos a los EUA. La exportación en 1998 se estimó en unas 20 000 ton. Debe recordarse que el mercado local es bueno y que puede crecer. Chile y la República Dominicana monitorearán de cerca el impacto del mercado. Ellos pueden reconsiderar a EU o Canadá como un mercado alternativo. **Chile** exporta 20 000 ton a los EUA y se ha concentrado en este mercado. El aumento de 10 000 a 18 000 ha en pocos años es un reflejo de las expectativas chilenas de los

mercados futuros. **La República Dominicana** produce 150 000 ton de aguacate de 18 cultivares. Sólo 10 000 ton se exportan a EUA.

PRODUCCION NACIONAL DE AGUACATE.

Christian Smith, presidente del Comité de Aguacate de la Asociación Gremial de Exportadores de Productos no Tradicionales (Agexpront), informó que mientras en el 2003 la cosecha fue de alrededor de 500 toneladas métricas, este año se estima que se obtendrán una 1,000 tonelada de aguacate.

El representante de los productores explicó que han logrado obtener un fruto de mejor calidad gracias al apoyo de expertos de la Universidad de Uruapán, ubicada en el estado de Michoacán, México.

En la actualidad, cerca del 70 por ciento de la cosecha es consumido a nivel nacional, mientras que el resto se exporta a Centroamérica, y en pequeñas cantidades a Francia como producto orgánico.

Recientemente, importadores españoles y holandeses han manifestado interés en adquirir el fruto guatemalteco y según Smith, la demanda mínima podría ser de un contenedor mensual.

Dos cosechas al año

Los productores reconocen como ventaja de Guatemala el que puedan ofrecer dos cosechas al año, mientras que otros países, como España, sólo tienen una.

Smith dijo que otra de las metas es elevar el consumo de aguacate guatemalteco. Mientras que un mexicano consume 10 kilogramos al año, un guatemalteco tan sólo come 4 kilogramos se informó.

ESTRUCTURA DE LA SEMILLA DE AGUACATE

El fruto del aguacate (*Persea americana* cv. Hass) es una baya con mesocarpio y endocarpio carnosos que contiene una sola semilla. Se ha determinado que esta semilla posee del 15.0 al 16.0% del peso en relación al fruto. Para las observaciones microscópicas de la semilla se utilizó tinción con azul de toluidina y se encontró que las células del parénquima de cotiledones almacenan la mayor cantidad de almidón (presencia de gránulos de color violeta); mientras que en el embrión se almacena la mayor parte de la grasa; ésta se observó como gotas refringentes color ámbar. En la cubierta seminal se observaron, además, el esclerénquima perfectamente definido y sacos de taninos

que aparecieron de color café a rojo. Respecto a las extracciones de la grasa de la semilla de aguacate, se encontró que con hexano y CO₂ supercrítico se extrajo aproximadamente la misma cantidad de grasa, 3.08 y 3.07% respectivamente, mientras que con etanol se extrajo el 0.79%. Estos resultados concuerdan con las observaciones al microscopio, donde se encontraron células sin o con poca grasa después de las extracciones con hexano y CO₂ supercrítico; además, en la cubierta seminal extraída con CO₂ supercrítico se observó destrucción de las paredes celulares.

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA SEMILLA DE AGUACATE.

De acuerdo a Lock (1997), las semillas contienen alcoholes polihidroxilados (volemitol, perseitol, arabinitol, galactitol, glicerol), azúcares raros (D-manoheptulosa, etc.), avocatina, 4,8" –bis-catequin (flavonol condensado), los ácidos grasos contenidos también en las semillas son principalmente oleico, linoleico, palmítico, esteárico, linolénico, capricho y mirístico.

III. ANTECEDENTES

Antecedentes

Los pigmentos naturales para textiles, derivados de plantas, animales y minerales, han sido usados por miles de años. Históricamente, la mayoría de las fuentes de colorantes naturales han sido recolectados en estado silvestre.

Sólo algunos pocos, como el índigo y la cochinilla han sido cultivados comercialmente a gran escala. A mediados de 1800, los químicos empezaron a producir substitutos sintéticos de colorantes naturales y por 1914, solamente el cuatro por ciento del índigo utilizado como colorante para textil era extraído de plantas. Posteriormente, se ha incrementado el interés en colorantes naturales a medida que los consumidores toman conciencia de los problemas ecológicos y ambientales relacionados con el uso de colorantes sintéticos. Hasta mediados del siglo XIX, las plantas, animales y minerales fueron las únicas fuentes como agentes colorantes para teñir o pigmentar. Las primeras fibras teñidas fueron usadas en tiempos prehistóricos alrededor del año 1000 a. C.

El uso de colorantes naturales disminuye significativamente la calidad de afluentes tóxicos relacionados con el proceso de tinción. Los colorantes naturales son, a menudo, utilizados en fábricas de cáñamo o algodón de crecimiento orgánico, el cultivo requiere menos sustancias sintéticas que el cultivo del algodón convencional.

En la actualidad, existe gran cantidad de información que abarca desde la siembra, hasta la aplicación de los colorantes, tanto de origen natural como sintéticos.

El área Maya, por su localización en la franja del trópico, cuenta con una gran diversidad de flora y fauna originada gracias a las grandes diferencias de altitud y pluviometría.

En ella encontramos cuatro de los colorantes más preciados a través de la historia humana, los cuales son: el añil que se extrae de la planta llamada jiquilite, el caracol de la púrpura (*Púrpura patula*) oriundo de las costas del Pacífico y golfo del Caribe, el insecto de la grana cochinilla (*Dactylopius coccus*, antiguamente *Coccus cacti*), huésped de las plantas del género *Opuntia* y *Nopalea* y el *Haematoxylon campechianum* de los yucatecos, que los españoles denominaron **palo de Campeche** en alusión al principal punto de procedencia en las llanuras pantanosas de esa provincia.

Guatemala, desde la época colonial y hasta finales del siglo XIX fue uno de los principales productores y exportadores de materias colorantes naturales en el mundo entero. La cochinilla, el añil y el palo amarillo eran los principales colorantes que se producían.

En los libros antiguos, como los Códices Mayas pueden encontrarse referencias acerca de los colorantes naturales utilizados por los indígenas en los años de esplendor de la cultura Maya. Años después, en la época de la conquista, los mismos españoles llevaron al viejo mundo el añil o jiquilite, materia tintórea de color azul intenso, que los aborígenes de América Central usaban para teñir las plumas de sus penachos. En la época colonial, los tintes naturales y el cacao, ocuparon un lugar importante en la producción nacional. Se teñían los hilos de lana y algodón con gran variedad de colorantes naturales.

A partir de 1870 aproximadamente, los colorantes químicos empiezan a ser una fuerte competencia para los tintes naturales. Hasta el año 1920, la cochinilla se usaba para teñir en color rojo, la mayor parte de la producción se encontraba en La Antigua Guatemala y Amatitlán.

La necesidad de volver lo natural, en armonía con el medio ambiente, ha influenciado en los estudios de colorantes naturales obtenidos de plantas y animales, para ser utilizados en la industria de los alimentos, textiles, cosméticos y medicamentos, actualmente se han realizado trabajos de investigación sobre este tema y se han establecido de esta manera fundamentos científicos.

En el año 1987, Augusto Domínguez, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, desarrolla el trabajo de investigación denominado: **Extracción de los pigmentos colorantes del tipo Xantófilas contenido en la flor *Tagetes erecta* (Marigold), (esta flor es una planta ampliamente conocida por su alto contenido de colorantes del tipo carotenoides), utilizando los métodos de saponificación en frío y saponificación en caliente para determinación de Xantofilas**, presentados por el AOAC. en su 13ª. edición (1980), demostrando que mediante el método de saponificación en frío se obtienen resultados más altos, que el método de saponificación en caliente.

En el año de 1999, se realizó un curso de tintorería natural para tejedores momostecos, el cual fue subvencionado por el PROYECTO ALA 94/81 PRODETOTO, SEP/UE, PROSIGUA, PROART, CEDART y ejecutado por la FUNDACIÓN GABINA J.M., éste tenía como objetivo publicar un manual para el tintorero momosteco, en donde se explica el procedimiento del teñido de hilos de algodón y lana con tintes naturales, especifica el equipo y tipo de instalación para el tintorero, proporciona una lista de las sustancias botánicas de donde se extraen algunos tintes, así como los parámetros que deben controlarse en todo proceso de teñido. Es de hacer notar que todo este procedimiento se realiza de manera artesanal.

En la sección de Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería USAC, en las líneas de investigación de Extractos Vegetales de la Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales, se han realizado estudios de Extracción de Colorantes Naturales.

En el año 2000, Marco Donado, de la Facultad de Ingeniería USAC, trabajó en la **Extracción de carotenoides de la caléndula (*caléndula Officinalis L.*) para su utilización como colorante natural en productos para consumo humano**, por dos métodos de extracción a nivel laboratorio, demostrando que sí es factible obtener carotenoides a partir de la flor de caléndula, usando como solvente acetona y éter etílico. En marzo de 2004, Henry Estuardo del Cid Vásquez presentó su trabajo de tesis titulado **Extracción a nivel de laboratorio, de los pigmentos colorantes del tipo flavonoides contenidos en la flor del Subín (*Acacia farnesiana L. Willd*) proveniente de un bosque silvestre guatemalteco**, en el cual se estudia el rendimiento promedio de extracto de flavonoides en relación a la cantidad de materia prima utilizando tres solventes y empleando el método Soxhlet, determinando mediante pruebas colorimétricas, cromatográficas y espectrofotométricas, que sí existe presencia de colorantes flavonoides (principalmente Quercetina, hiperósido, rutina).

En octubre de 2004 Byron Alfredo Quiñónez Figueroa realizó el trabajo titulado **Extracción de colorante de chile jalapeño (*Capsicum annum L.*) a nivel de laboratorio con tres solventes** con el objetivo de extraer colorantes del tipo carotenoides contenidos en el chile jalapeño (*Capsicum annum L.*) en estado maduro a nivel de laboratorio con tres diferentes solventes provenientes del departamento de Santa Rosa, específicamente Barberena, utilizando un extractor de cuchillas. Concluyendo que existe diferencia significativa entre los rendimientos promedio de cada solvente utilizado en la extracción de colorante del tipo carotenoides provenientes del chile jalapeño.

IV. OBJETIVOS

General

Evaluar la capacidad de tinción de los tintes naturales obtenidos de los desechos agroindustriales del coco y el aguacate en el proceso de tinción de fibras naturales, lana y maguey, utilizadas en la elaboración de artesanías

Específicos

Extraer a nivel laboratorio, el tinte natural de la fibra del fruto del coco (*Cocos nucifera*) y de la semilla del aguacate (*Persea americana Mill*), utilizando 3 solventes (agua y alcohol etílico al 35% y al 70%).

Caracterizar fisicoquímicamente los extractos obtenidos a nivel laboratorio, para comprobar la presencia de grupos de componentes de pigmentos colorantes por medio de pruebas colorimétricas, cromatográficas y espectrofotométricas.

Extraer a nivel de planta piloto el tinte natural de la fibra del fruto del coco (*Cocos nucifera*) y de la semilla del aguacate (*Persea americana Mill*), utilizando 3 solventes (agua y alcohol etílico al 35% y al 70%).

Secar los extractos obtenidos a nivel planta piloto en un secador eléctrico de flujo transversal de bandejas, de acero inoxidable, para obtener un tinte en polvo.

Validar la metodología de extracción y secado de los extractos tintóreos para asesorar a grupos de tintoreros de comunidades del oriente y altiplano guatemalteco, en la mejora y tecnificación de su proceso de extracción y conservación de los tintes extraídos.

Aplicación de los tintes naturales extraídos, a fibras de lana y maguey, utilizando el método de inmersión y agitación en caliente. Este proceso a nivel planta piloto.

Validar la metodología de tinción, lavado y secado de las fibras para asesorar a los tintoreros del oriente y altiplano guatemalteco, en la mejora y tecnificación de su proceso de tinción.

Evaluación de la capacidad de tinción de los tintes extraídos de la fibra del fruto del coco y la semilla del aguacate en fibras de lana y maguey, mediante la aplicación de pruebas fisicoquímicas de solidez a las fibras teñidas.

V. HIPÓTESIS

Es factible teñir 2 tipos de fibras naturales, lana y maguey , utilizando tintes naturales extraídos de la fibra del fruto del coco y semilla del aguacate que cumplan con estándares de calidad verificadas con la aplicación de pruebas fisicoquímicas de solidez.

HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

Hipótesis nula

No existe diferencia significativa entre el rendimiento, del tinte natural extraído de la fibra del fruto del coco y semilla del aguacate para cada solvente a utilizar.

Hipótesis alternativa

Existe diferencia significativa entre el rendimiento, del tinte natural extraído de la fibra del fruto del coco y la semilla de aguacate para cada solvente a utilizar.

Hipótesis nula

No existe diferencia significativa en las propiedades fisicoquímicas del tinte natural extraído de la fibra del fruto del coco y semilla del aguacate para cada solvente a utilizar.

Hipótesis alternativa

Existe diferencia significativa en las propiedades fisicoquímicas del tinte natural extraído de la fibra del fruto del coco y la semilla de aguacate para cada solvente a utilizar.

Hipótesis nula

No existe diferencia significativa en las propiedades fisicoquímicas de las fibras teñidas de lana y maguey, obtenidas mediante la aplicación de los tintes naturales extraídos de la fibra del fruto del coco y semilla del aguacate para cada solvente a utilizar.

Hipótesis alternativa

Existe diferencia significativa en las propiedades fisicoquímicas de las fibras teñidas de lana y maguey, obtenidas mediante la aplicación de los tintes naturales extraídos de la fibra del fruto del coco y semilla del aguacate para cada solvente a utilizar.

VI. METODOLOGÍA

LOCALIZACIÓN

La parte experimental de la investigación se llevó a cabo en la Universidad de San Carlos, en las siguientes instalaciones:

1. Laboratorio de análisis fisicoquímico de la Sección de Química Industrial, del Centro de Investigaciones de Ingeniería, donde se llevó a cabo la extracción de los tintes naturales de la semilla de aguacate y de la corteza del fruto del coco a nivel laboratorio y los ensayos fisicoquímicos de: densidad, índice de refracción, identificación de flavonoides con reacciones coloridas, así como las pruebas de solidez a las fibras teñidas.
2. Planta piloto de Extracción-destilación de la sección de Química Industrial, del Centro de Investigaciones de Ingeniería, donde se encuentra instalado el molino de martillos, equipo en el cual se procedió al descortezado del fruto del coco, también se realizó el proceso de molienda de la semilla de aguacate. Se tiene aquí instalada la marmita para extracción de taninos y colorantes a nivel planta piloto, la que se utilizó tanto en el proceso de extracción de los tintes como en el proceso de tinción para mordentado de las fibras naturales de lana y algodón y su posterior tinción.
3. Laboratorio de Investigación en Productos Naturales, LIPRONAT, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la USAC, donde se llevaron a cabo la Identificación de los metabolitos secundarios presentes en los extractos, entre ellos, compuestos fenólicos (ácidos fenólicos y flavonoides) a través de reacciones coloridas y además cromatografía en capa fina para identificar otros metabolitos.
4. Instalaciones de la Fundación Gabina J.M. de Momostenango, Totonicapán, donde se realizó la tinción de la fibra de lana.

OBTENCIÓN DE LAS MUESTRAS:

La materia vegetal se obtuvo con la asesoría del representante de la Fundación Gabina J.M de Totonicapán, de la siguiente manera: en el caso de la semilla del fruto de aguacate, se procedió a realizar contactos con restaurantes de comida rápida dentro de las instalaciones de la USAC los cuales se especializan en platillos elaborados con aguacate. Por otra parte el desecho de corteza de coco se obtuvo de los distribuidores y expendedores de bebidas de agua de coco ubicados en el municipio de Chiquimulilla, Santa Rosa.

Para la semilla del fruto de aguacate se colectó la materia prima y se colocó en recipientes herméticos para luego ser llevada hacia las instalaciones de la Planta Piloto de Extracción Destilación de Aceites esenciales del Centro de Investigaciones de Ingeniería donde se procedió a realizar la limpieza del material para eliminar los residuos de pulpa y materiales extraños. La semilla se trituró y fue sometida al proceso de extracción de colorante por medio del método de destilación con reflujo a nivel laboratorio y de maceración en caliente con agitación a nivel planta piloto.

Para la corteza del fruto del coco, se procedió a obtener la materia prima, se colocó en recipientes herméticos y luego se trasladó a las instalaciones de la Planta Piloto de Extracción Destilación de Aceites esenciales del Centro de Investigaciones de Ingeniería donde se procedió a la reducción de tamaño y a la extracción del colorante por medio del método de destilación con reflujo a nivel laboratorio y de maceración en caliente con agitación a nivel planta piloto.

TRATAMIENTO ESTADISTICO DEL EXPERIMENTO

Para la evaluación estadística se utilizó un diseño completamente al azar con un arreglo combinatorio, en el cual se aplicó un experimento factorial evaluando 2 distintas fuentes de colorante y 3 tipos de solvente (agua, etanol al 35% y etanol al 70%), con 3 repeticiones para cada una, resultando 6 unidades experimentales, y un total de 18 tratamientos. El tamaño de lote fue fijo con una relación materia/solvente de 1:10, tiempo de extracción de 2 horas y a temperatura de ebullición. Se realizó el mismo procedimiento a nivel piloto. Obtenidos los extractos tintóreos, éstos se aplicaron en fibras de lana y algodón utilizando el método de tinción descrito mas adelante.

MANEJO DEL EXPERIMENTO

La materia prima fue reducida de tamaño. Para las extracciones a nivel piloto se utilizó la marmita de acero inoxidable instalada en la Planta Piloto del Centro de Investigaciones de Ingeniería, los extractos obtenidos se secaron en el secador eléctrico de flujo transversal de bandejas para obtener el extracto colorante en polvo y guardarlos en frascos color ámbar debidamente etiquetados.

DISEÑO

METODO DE EXTRACCION DEL TINTE NATURAL

Se trabajó a dos niveles en laboratorio y en planta piloto, en ambos casos se utilizó el mismo diseño experimental, se obtuvo datos sobre rendimientos en función del tipo de solvente utilizado.

MÉTODO DE EXTRACCIÓN DEL TINTE NATURAL A NIVEL LABORATORIO

El método a utilizar para la extracción del colorante de la corteza del fruto del coco y de la semilla del aguacate fue el de maceración con reflujo.

Instrumentos:

- **Matraces de 5000 mL de capacidad con esmeril 24/40 y refrigerante.**
- **Matraces de 1000 mL de capacidad con esmeril 24/40 y refrigerante.**
- **Plancha de calentamiento con agitación.**
- **Agitadores magnéticos.**
- **Embudo Buchner.**
- **Kitazato.**
- **Bomba de vacío.**
- **Rotavapor.**
- **Viales color ámbar.**

Extracción del tinte de la semilla de aguacate.

1. Se procede a colocar el material en un matraz de cuello corto de capacidad de 1000 mL con esmeril 24/40, y se le agrega el solvente respectivo (agua, alcohol etílico al 35% y alcohol etílico al 70%), en una relación materia prima seca/solvente de 1:10, procurando que el solvente cubra la materia prima.
2. Se realiza la extracción calentando en la plancha de calentamiento durante 2 horas con agitación.
3. Se procede a filtrar, utilizando técnica de filtración al vacío.
4. los extractos obtenidos se secan por evaporación, obteniéndose un polvo de cristales brillantes de color café. Los extractos pulverizados se colocan en recipientes cerrados color ámbar para su posterior caracterización.

Extracción del tinte de la corteza del fruto del coco.

1. La materia prima fresca se coloca en un matraz de cuello corto con esmeril 24/40, de 5000 mL de capacidad; en una relación de materia prima verde/solvente de 1:10.
2. Se coloca el condensador en el cuello del matraz y todo el equipo se coloca en una plancha de calentamiento durante 6 horas a temperatura de ebullición.

3. Luego se procede a filtrar, utilizando la técnica de filtrado al vacío.
4. Los extractos obtenidos se secan por evaporación, luego se colocan en recipientes cerrados color ámbar para su posterior caracterización y utilización en el proceso de tinción de fibras.
5. Para poder analizar la calidad del extracto obtenido se procede de la siguiente manera: se concentra a presión reducida en un rotavapor, a temperatura no mayor de 40°C y girando a una velocidad constante. El tiempo de extracción de solvente es continuo, hasta que la muestra no tenga presencia de solvente. El residuo obtenido contiene extracto de colorante, el que es almacenado en viales debidamente identificados y en refrigeración.
6. Después de obtener los extractos se le realizan pruebas físicas y químicas, por medio de técnicas de identificación de flavonoides, cromatografía en capa fina, índice de refracción y espectro UV.

MÉTODO DE EXTRACCIÓN DEL TINTE NATURAL A NIVEL PLANTA PILOTO.

Instrumentos:

- Marmita de extracción con calentamiento de vapor y agitación.
- Filtro Buchner
- Recipiente de filtrado de acero inoxidable con capacidad de 17 L.
- Bomba de vacío de la Planta Piloto de Extracción Destilación de aceites esenciales.
- Manta de algodón.
- Secador eléctrico de flujo transversal de bandejas.
- Frascos color ámbar.

El método a usar para la extracción del tinte tanto de la corteza del fruto del coco como de la semilla de aguacate es el de maceración dinámica en caliente.

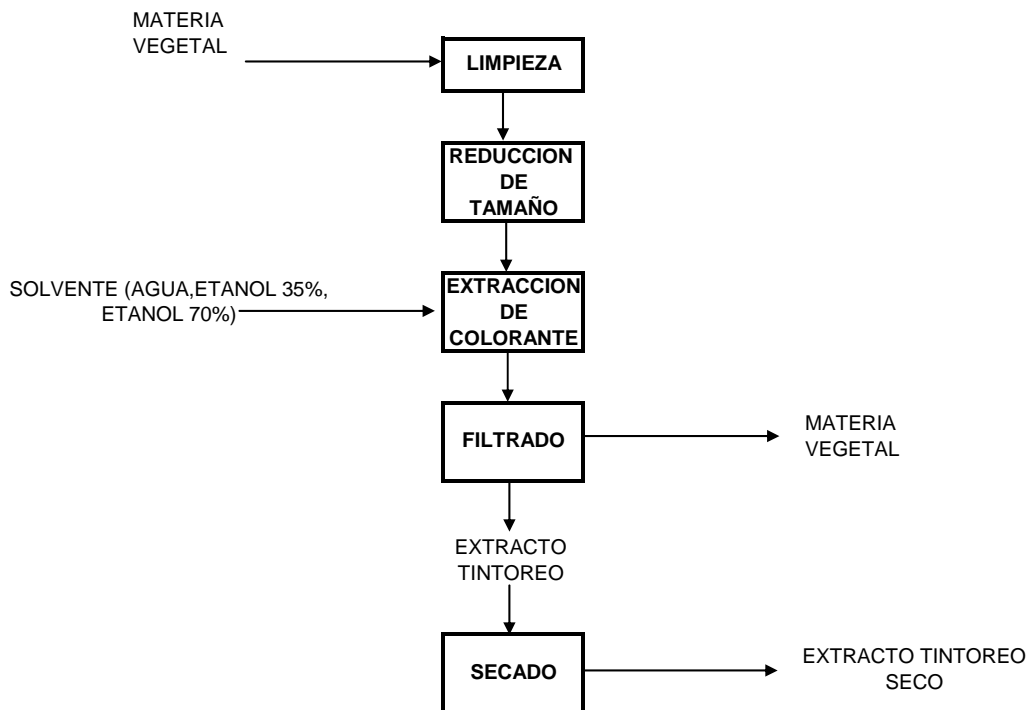
En este método se procede de la siguiente manera:

La materia prima fresca, molida se coloca en la marmita de acero inoxidable en una relación materia prima seca/solvente 1:10 (solventes: agua, alcohol etílico al 35% y alcohol etílico al 70%.)

- 1.
2. Se procede a abrir la llave de vapor que en forma indirecta incrementa la temperatura de la mezcla hasta llegar a temperatura de ebullición durante 2 horas.
3. Se procede a descargar la mezcla a través del conducto de salida en la parte inferior de la marmita.

4. Se procede a filtrar, utilizando un recipiente de acero inoxidable para filtración al vacío. Se utiliza manta de algodón como medio filtrante.
5. El extracto así obtenido se seca, utilizando el secador eléctrico de flujo transversal de bandejas, obteniendo un polvo de cristales brillantes y se coloca en frasco color ámbar para su utilización en el teñido de fibras.

Figura 1. Proceso de obtención del extracto tintóreo a nivel planta piloto.



METODOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LOS TINTES NATURALES

DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LOS EXTRACTOS COLORANTES

Determinación de densidad:

Instrumentos:

- Picnómetro de 10 mL.
- Balanza analítica.

La determinación de la densidad de los extractos tintóreos se realiza con un picnómetro a temperatura de 20°C.

Determinación del índice de refracción

Instrumentos:

- **Refractómetro Abbe de mesa.**

Se utiliza un refractómetro Abbe. Se limpia con Xilol y se vierte una gota del extracto tintéreo en el prisma, tomando nota de la lectura del aparato.

Identificación de flavonoides

Instrumentos:

- **Placas cromatograficas (cromatofolios)**
- **Cámaras cromatográficas**
- **Micropipetas**
- **Cámara de luz ultravioleta**

Reacciones coloridas:

Para identificar flavonoides se utilizan las siguientes pruebas:

- a. **Reacción de Shinoda:** al extracto alcohólico incoloro o ligeramente amarillo se le coloca un pequeño trozo de magnesio y unas pocas gotas de HCl concentrado, el desarrollo inmediato de coloración es indicativo de la presencia de flavonas y flavonoles (amarillo a rojo), flavanoles (rojo a magenta) flavanonas (rojo, magenta, violeta, azul), isoflavonas (amarillo), isoflavononas, chalconas y auronas no dan coloración.
- b. **Reacción con H₂SO₄ concentrado:** a la muestra se le agrega una gota de ácido y se observa si hay cambio de color: las flavonas y flavonoles dan coloraciones fuertemente amarillas, las flavanonas, anaranjadas o guindas; las chalconas y auronas, rojo guinda o rojo azulado.

Análisis cromatográfico en capa fina

Para realizar el análisis cromatográfico se utiliza la técnica de capa fina, para realizar este análisis se deben preparar varias fases.

Preparación de la muestra

Se preparan las muestras colocando en un tubo de ensayo 100 mg de extracto en 1 mL de metanol. La solución se somete a fuerte agitación, en un vortex. Se filtran las soluciones y el filtrado se coloca en un tubo de ensayo con tapón.

Preparación de las soluciones estándar

En un beaker se colocan 5 mg del estándar a utilizar y se mezclan con 10 ml de metanol., se agita para homogenizar la solución. Estas soluciones deben ser guardadas en recipientes cerrados y debidamente identificados.

Preparación de la fase móvil

En un beaker mezclar 50 mL de acetato de etilo, 5.5 mL de ácido fórmico, 5.5 mL de ácido acético glacial y 13.5 mL de agua. (La mezcla debe estar siempre tapada para evitar evaporación). Se agita durante 5 minutos con un agitador magnético, luego se traslada la mezcla a la cámara cromatográfica la cual debe permanecer tapada.

Preparación de la placa cromatográfica

Se corta una placa de 10 cm x 18 cm de un cromatofolio de aluminio de sílice gel 60F254 y se realiza lo siguiente:

1. Trazar con lápiz, una línea horizontal un centímetro arriba de la parte inferior de la placa.
2. Marcar a lo largo de la línea horizontal 17 puntos, dejando 1 cm de separación entre cada uno.
3. Inyectar con ayuda de un capilar 5 μ L de cada solución preparada (muestra + metanol), en cada punto. Hacer lo mismo con las soluciones estándar. Debe tenerse cuidado de que la mancha sea lo más pequeña posible.

Desarrollo de la placa cromatográfica

Se coloca la placa dentro de la cámara cromatográfica que contiene la fase móvil, se deja que las líneas que aparecen, lleguen a una distancia de 2 cm. abajo del borde superior de la placa. Se retira la placa y se coloca en la campana de extracción, para que seque la fase móvil, si es necesario se rocía la placa con solución reveladora, luego se observa la placa con una lámpara ultravioleta.

Preparación de las soluciones reveladoras

A la placa se le aplica un revelador para que se observen de mejor manera los colores que se forman en la placa al introducirla a una cámara de luz ultravioleta, este revelador se prepara con:

- Difenilboriloexietilamina en 1% de metanol: se pesa 0.2 g de NP y se mezcla con 20 ml de metanol.
- Polietilenglicol 4000 en 5% de etanol: se pesa 1 g de PEG y se mezcla con 20 ml de etanol.

Luego de preparar las soluciones se debe rociar la placa con cierta cantidad de cada solución reveladora.

Se observa con luz ultravioleta los puntos que coinciden con los puntos de las soluciones estándar, identificando de esta manera la presencia de colorantes del tipo flavonoides. (Ver figura 24, apéndice B)

Espectrofotometría UV

Preparación de las soluciones

Pesar 25 mg de cada muestra colocarlos en un tubo de ensayo. Mezclar con una cantidad de metanol y homogenizar la mezcla, trasladar la mezcla a un balón aforado de 25 mL y aforar con más metanol.

Obtención de los espectros

Las soluciones serán analizadas en un espectrofotómetro UV, donde se obtendrán graficas que muestran la relación entre absorbancia vrs. longitud de onda (nm).

MÉTODO PARA TINCIÓN DE LANA Y ALGODÓN

1. Lavar la lana ó el algodón con jabón neutro y agua a 30°C, incrementar la temperatura del agua.
2. Preparar el mordiente (si es necesario) de la siguiente manera:
3. Por cada kilo de lana ó algodón:
4. Pesar 100 g de sulfato doble de sodio y potasio(alumbre)
5. Pesar 60 g de tartrato ácido de potasio (cremor tártaro), solo en el caso del mordentado de lana.
6. Mezclar los reactivos con agua a 40°C suficiente para disolver las sales.

7. Adicionar la lana ó maguey en el recipiente donde está el mordiente, aumentar paulatinamente la temperatura hasta 90°C por una hora, luego sacar la lana.
8. Previamente se tiene preparado la solución tintórea a 40°C, introducir la lana ó algodón en el recipiente y aumentar la temperatura hasta 90°C por una hora.
9. Esperar que se enfríe la solución hasta 10 horas.
10. Sacar la lana ó algodón y lavar con jabón neutro hasta que la materia no destiña.
11. Secar

MÉTODO PARA CARACTERIZACION DE LAS FIBRAS TEÑIDAS

DETERMINACION DE PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LAS FIBRAS TEÑIDAS

SOLIDEZ AL BLANQUEO CON PERÓXIDO

Propiedad de resistencia del colorante sobre fibra frente a la acción del agua oxigenada. El ensayo se efectúa en los siguientes baños:

BAÑO 1: 5mL/L de peroxido de hidrogeno 30%, 5 mL/L silicato de sodio 35°Bé, 0.1 g/L cloruro de magnesio cristalizado pH 10.5, 1 hora a 90°C. Relación de baño 30:1

BAÑO 2: 3g/L peroxido de sodio, 5mL/L silicato de sodio 35°Bé 0.1 g/L cloruro de magnesio cristalizado, pH 1.5, 1 hora a 80°C. Relación de baño: 30:1

BAÑO 3: 20mL/L peroxido de hidrogeno 30%, 5mL/L pirofosfato tetrasódico cristalizado, pH 9.3, 2 horas a 50°C. Relación de baño: 1:30.

BAÑO 4: 20mL/L peroxido de hidrogeno 30%, 5mL/L silicato de sodio 35°Bé, pH 10, 2 horas a 70°C. Relación de baño: 30:1.

SOLIDEZ A LA LUZ

Prueba que determina el grado de resistencia a la degradación por la luz de un colorante determinado sobre un tejido, hilo o fibra. Refiriendo el resultado de las pruebas a una escala con patrones conocidas. Existe una escala de 1 a 8 en el que 1 representa el grado mas bajo y el 8 el más alto.

SOLIDEZ AL LAVADO

Prueba determinativa de la resistencia presentada por el género teñido a la operación de lavado en sus distintas condiciones prácticas:

Test 1/40°C:

5g/L jabón, 30 minutos a 40°C, relación de baño: 50:1

Test 3/60°C:

5g/L jabón, 2g/L soda ash, 30 minutos a 60°C, relación de baño: 50:1

Test 4/95°C:

5g/L jabón, 2 g/L soda ash, 30 minutos a 95°C, relación de baño: 50:1

SOLIDEZ AL HIPOCLORITO ENERGICO

Propiedad de resistencia del colorante sobre la fibra frente a la acción de hipoclorito en el siguiente ensayo:

La tela o hilo es tratada por 60 minutos a 20°C en una solución de hipoclorito de sodio conteniendo 2.0 g/L cloro activo, pH 11, relación de baño 50:1, luego se trata con una solución de peroxido de hidrogeno por 10 minutos.

SOLIDEZ AL CLORO

Propiedad de resistencia del colorante sobre la fibra frente a la acción del cloro con el siguiente ensayo:

Solución de hipoclorito de sodio con 20 mg/L activo de cloro, pH 8.5, 4 horas a temperatura ambiente. Relación de baño 100:1

SOLIDEZ A LA LIMPIEZA EN SECO

Propiedad de resistencia del colorante sobre el género teñido a la drycleaning, se efectúa con percloroetileno, 30 segundos a 30°C sin detergente.

SOLIDEZ A LA SUBLIMACION

30 segundos de contacto (calentado en una plancha de laboratorio por ambos lados utilizando la misma presión)

- a) a 150°C
- a) a 180°C
- a) a 210°C

La escala de solidez mas generalmente utilizada, es la siguiente:

Para solidez a la luz

- 1 = Escasa
- 3 = Regular
- 5 = Buena
- 7 = Muy Buena
- 8 = Excelente

Para los demás caracteres de solidez:

- 1 = Escasa
- 2 = Regular
- 3 = Buena
- 4 = Muy Buena
- 5 = Excelente

COHERENCIA

Instrumentos y equipo

Licuada Industrial con capacidad de 10 L: Servirá para reducir de tamaño la materia vegetal que se utilizará para extraer el colorante natural

Marmita de acero inoxidable: Servirá para realizar las operaciones de limpieza y mordentado de la fibra, así como para la concentración del extracto titóreo previo a ser sometido a secado.

Bandejas de acero inoxidable: Servirá para secar el extracto tintóreo obtenido.

Materiales

Manta: servirá a nivel planta piloto como medio filtrante para la separación de la materia vegetal del extracto titóreo.

Lana y maguey: fibras naturales que servirán para aplicar los colorantes.

Mordientes (tartrato ácido de potasio y sulfato de aluminio): sustancias químicas que servirán como aditivos en el fijado de los tintes en las fibras.

Gasolina: servirá para el transporte del equipo de investigación a los lugares de colecta de muestras y materia prima.

Diesel para el funcionamiento de la caldera: servirá como combustible de la caldera en la producción de vapor el cual será el medio de calentamiento para la marmita de extracción de colorantes.

Placas cromatográficas de sílica gel: servirá para la de identificación del tipo de colorante presente en los extractos.

Reactivos químicos para pruebas colorimétricas: servirán para la identificación del tipo de colorante presente en los extractos.

Reactivos para pruebas de solidez: servirán en las pruebas de calidad de los tintes ya aplicados en las fibras textiles.

Papel parafilm: servirá en la extracción de tintes a nivel laboratorio para fijar las uniones de los matraces y los refrigerantes.

Recipientes de plástico: servirán para guardar los extractos tintóreos previo a la filtración, así como para transportar la materia prima vegetal.

Bolsas de plástico: servirán para disposición final de desechos de materia vegetal agotada de colorantes.

VII. RESULTADOS Y SU DISCUSIÓN

TABLA 1
Rendimiento porcentual de extractos colorantes

ESPECIE	SOLVENTE	RENDIMIENTO (%)
COCO	AGUA	2.53
	ETANOL 35%	2.67
	ETANOL 70%	3.60
AGUACATE	AGUA	4.21
	ETANOL 35%	7.09
	ETANOL 70%	6.92

En la tabla 1 se muestra el rendimiento porcentual del extracto colorante obtenido al procesar tanto el exocarpo del coco como la semilla de aguacate, en ella se puede apreciar que la especie que presenta mayor valor de rendimiento es el aguacate con 7.09% utilizando como solvente etanol al 35%. El menor valor de rendimiento obtenido es de 2.53% para la especie coco utilizando agua como solvente.

Según el análisis de varianza para un modelo bifactorial y aplicando la comparación de medias por medio de la prueba de Duncan se determinó que hay diferencia significativa en el rendimiento de extracto tintóreo del exocarpo del coco, utilizando alcohol etílico al 70% y agua y hay diferencia significativa entre alcohol etílico al 70% y alcohol etílico al 30%. Para el extracto tintóreo de la semilla de aguacate no hay diferencia significativa en el rendimiento al utilizar los tres diferentes solventes. Los valores de rendimiento tintóreo de la semilla del aguacate y del exocarpo del coco no presentan diferencia significativa.

GRAFICO 1

Porcentaje de rendimiento de los extractos tintóreos del exocarpo del coco y la semilla de aguacate en función del tipo de solvente.

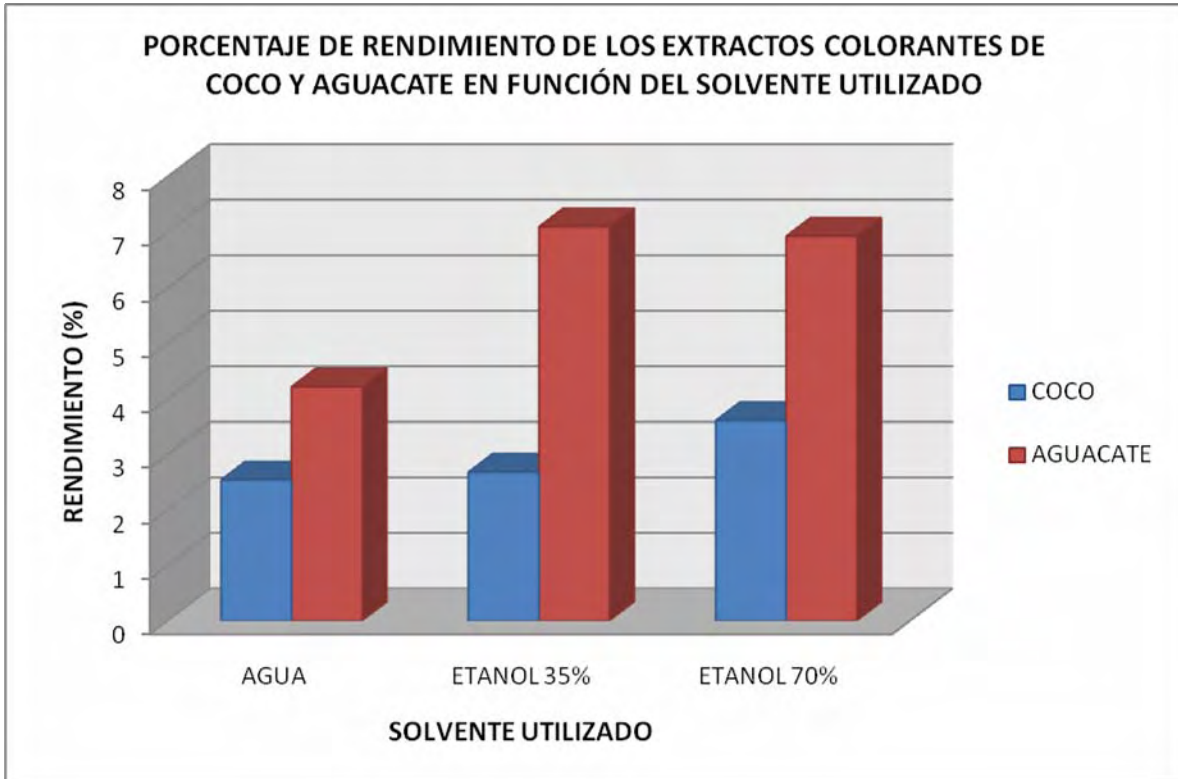


TABLA 2.**Tabla de propiedades fisicoquímicas de los extractos colorantes**

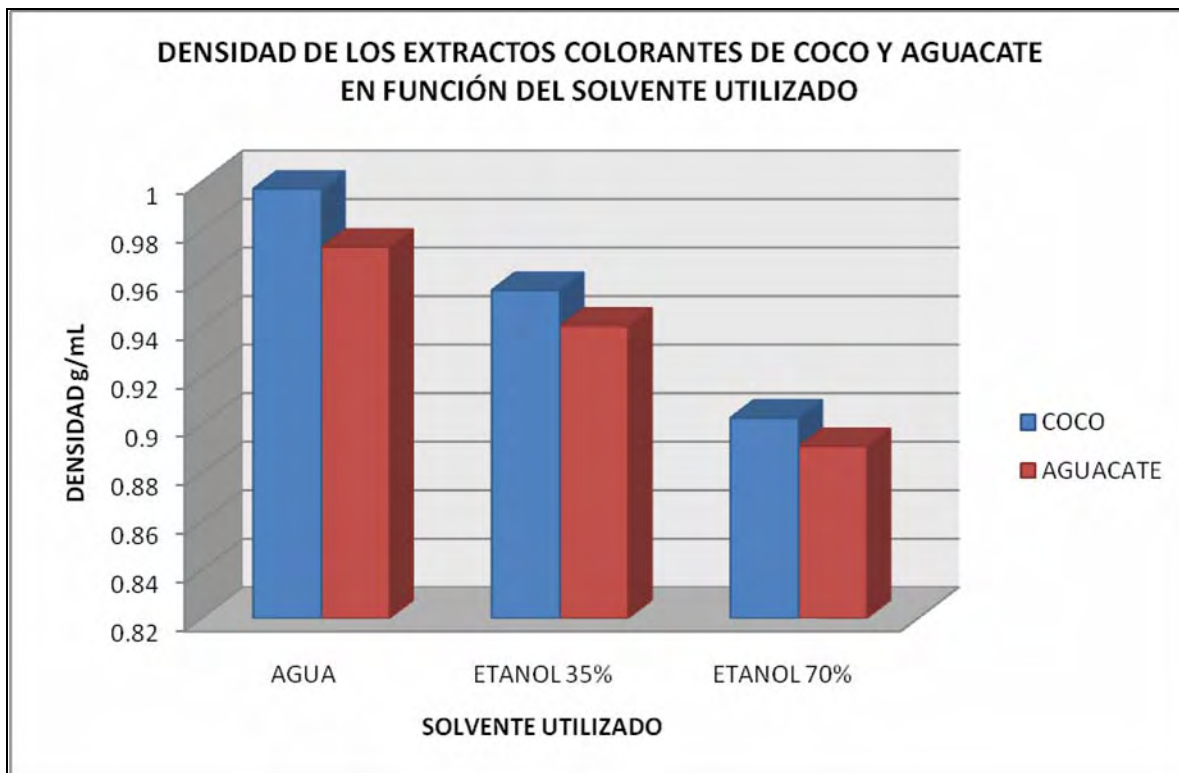
ESPECIE	SOLVENTE	DENSIDAD (g/mL)	INDICE DE REFRACCIÓN
COCO	AGUA	0.9969	1.3340
	ETANOL 35%	0.9552	1.3340
	ETANOL 70%	0.9026	1.3353
AGUACATE	AGUA	0.9730	1.3380
	ETANOL 35%	0.9405	1.3543
	ETANOL 70%	0.8909	1.3645

DENSIDAD

Se realizaron pruebas fisicoquímicas a los extractos tintóreos, obteniendo el valor mas alto de densidad de extracto tintóreo del coco de 0.9969 g/mL utilizando agua como solvente y el valor mas alto de densidad del extracto tintóreo de la semilla de aguacate, 0.9730 g/mL utilizando también agua como solvente. Realizando la prueba de medias de Duncan se determinó que sí hay diferencia significativa en los valores de densidad utilizando los tres solventes diferentes, tanto para exocarpo del coco como semilla de aguacate.

GRÁFICO 2

Densidad de los extractos de colorante de las especies de coco y aguacate en función del solvente.



INDICE DE REFRACCIÓN

El valor mas alto de índice de refracción para el extracto tintóreo del exocarpo del coco fue de 1.3353, encontrándose que hay diferencia significativa utilizando alcohol etílico al 70% y agua y utilizando alcohol etílico al 70% y al 30%, pero no hay diferencia significativa en los valores de índice de refracción utilizando alcohol etílico al 30% y agua. El valor mas alto de índice de refracción para el extracto tintóreo del aguacate fue de 1.3645 utilizando alcohol etílico al 70%, encontrándose que no existe diferencia significativa en los valores obtenidos independiente del solvente utilizado.

GRAFICO 3

Índice de refracción de los extractos de colorante de las especies de coco y aguacate en función del tipo del solvente.

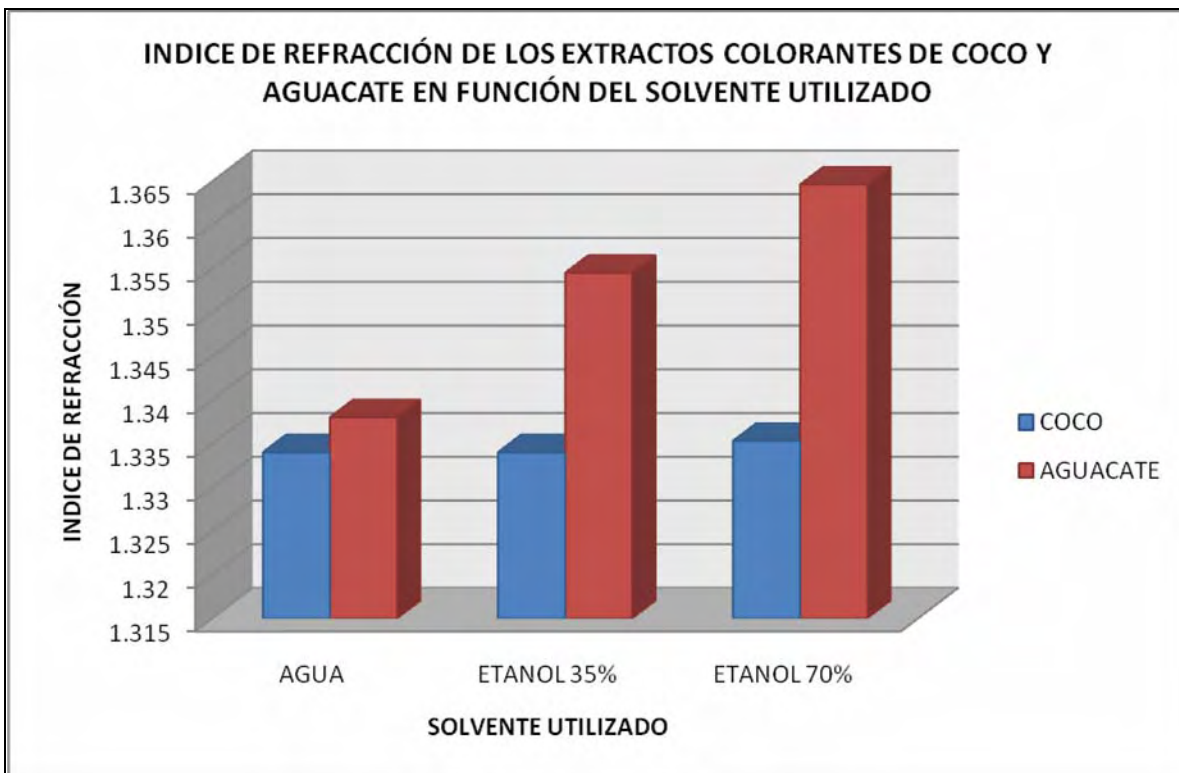


TABLA 3**Reacción colorida de Shinoda, para la identificación de flavonoides en el extracto colorante.**

ESPECIE	SOLVENTE	GRUPO FENOLICO IDENTIFICADO
COCO	AGUA	Hiperósido
	ETANOL 35%	Hiperósido
	ETANOL 70%	Hiperósido
AGUACATE	AGUA	Sí hay presencia de flavonoide
	ETANOL 35%	Sí hay presencia de flavonoide
	ETANOL 70%	Sí hay presencia de flavonoide

Los compuestos fenólicos se originan principalmente a través de dos rutas biosintéticas: la ruta del ácido sikímico que conduce, mediante la síntesis de aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina), a los ácidos cinámicos y sus derivados (**fenoles sencillos**, **ácidos fenólicos** y derivados, **cumarinas**, **lignanós** y derivados del fenilpropano), y la ruta de los poliacetatos por la cual se originan **quinonas**, **xantonas**, **orcinoles**, etc. Igualmente, algunos de los compuestos fenólicos que se consideran como principios activos de plantas medicinales se originan a través de rutas mixtas que combinan la vía del sikimato y del acetato, es el caso por ejemplo de los **flavonoides**, o que surgen a través de la combinación de la vía del mevalonato, origen de los compuestos terpénicos, con la vía del sikimato (furanos y piranocumarinas, etc.).

Se observa en el extracto colorante de la corteza del exocarpo del coco está presente el flavonoide denominado Hiperósido, independiente del solvente utilizado mientras que en el extracto colorante de la semilla de aguacate se determinó que sí hay presencia de flavonoides, pero no se determinó que tipo.

TABLA 4

Reacción colorida de Ácido Sulfúrico (H₂SO₄), para la identificación de flavonoides en el extracto tánico.

ESPECIE	SOLVENTE	FLAVONOIDE IDENTIFICADO
COCO	AGUA	Hiperósido
	ETANOL 35%	Hiperósido
	ETANOL 70%	Hiperósido
AGUACATE	AGUA	Sí hay presencia de flavonoide
	ETANOL 35%	Sí hay presencia de flavonoide
	ETANOL 70%	Sí hay presencia de flavonoide

De igual manera que con la reacción colorida de Shinoda, para la reacción colorida con Ácido Sulfúrico, se observa que en el extracto colorante de la corteza del exocarpo del coco está presente el flavonoide denominado Hiperósido, independiente del solvente utilizado mientras que en el extracto colorante de la semilla de aguacate se determinó que sí hay presencia de flavonoides, pero no se determinó que tipo.

TABLA 5

Análisis cromatográfico en capa fina, para la determinación de la presencia de Ácido clorogénico, Rutina, Kaemeferol y Ácido Caféico en los extractos colorantes de coco y aguacate.

ESPECIE	SOLVENTE	ÁCIDO CLOROGÉNICO	RUTINA	KAEMFEROL	ÁCIDO CAFÉICO
COCO	AGUA	-	-	-	-
	ETANOL 35%	-	-	-	-
	ETANOL 70%	-	-	-	-
AGUACATE	AGUA	+	+	+	+
	ETANOL 35%	+	+	+	+
	ETANOL 70%	+	+	+	+

El grupo de ácidos fenólicos se caracteriza por poseer en su estructura química el anillo aromático y el grupo hidroxílico comunes a los compuestos fenólicos y una función carboxílica. Los ácidos fenólicos que tienen interés terapéutico son derivados del ácido benzoico o del ácido cinámico (caféico, ferúlico, *p*-cumárico).

Se observa que el extracto colorante de exocarpo del coco no posee ninguno de los metabolitos secundarios analizados en cromatografía en capa fina: ácido clorogénico, rutina, Kaemferol y ácido cafeico, mientras que el extracto tintóreo de la semilla de aguacate posee todos estos metabolitos secundarios.

TABLA 6
Prueba de taninos para extractos colorantes

ESPECIE	SOLVENTE	GELATINA GEL 1%	GELATINA SAL	CLORURO FÉRRICO
COCO	AGUA	+	-	+
	ETANOL 35%	-	-	-
	ETANOL 70%	+	+	+
AGUACATE	AGUA	+	+	+
	ETANOL 35%	+	+	+
	ETANOL 70%	+	+	+

Los taninos son compuestos polifenólicos, derivados de la ruta de los sikimatos, mas o menos complejos, de origen vegetal, masa molecular relativamente elevada, sabor astringente, conocidos y empleados desde hace muchos siglos por su propiedad de ser capaces de convertir la piel en cuero, es decir de curtir las pieles. Esto se debe a su capacidad para unirse a macromoléculas como hidratos de carbono y proteínas. Precipitan con sales de metales pesados, proteínas y alcaloides.

Se trata de compuestos hidrosolubles, dando a veces disoluciones coloidales en agua, solubles también en alcohol y en acetona e insolubles en disolventes orgánicos apolares.

De las 3 pruebas para determinar presencia de taninos en los extractos colorantes de coco, 2 fueron positivas y 1 negativa para el extracto obtenido utilizando alcohol etílico al 35%. Las 3 pruebas para el extracto de aguacate fueron positivas, independiente del solvente utilizado

TABLA 8
Determinación de cumarinas y antocianinas en los extractos colorantes

ESPECIE	SOLVENTE	CUMARINAS	ANTOCIANINAS
COCO	AGUA	+	+
	ETANOL 35%	No determinado	No determinado
	ETANOL 70%	No determinado	No determinado
AGUACATE	AGUA	-	+
	ETANOL 35%	-	+
	ETANOL 70%	-	+

Las pruebas para determinación de cumarinas y antocianinas resultó positiva para el extracto colorante del exocarpo del coco utilizando como solvente agua y para los extractos con alcohol etílico al 35% y al 70% no se realizaron dichas pruebas. Para los extractos de la semilla de aguacate la prueba para presencia de cumarinas es negativa independiente del solvente utilizado y positiva para antocianinas independiente del solvente utilizados prnegativa para los tres extractos, independiente del solvente utilizado.

TABLA 9

Pruebas de solidez a fibras naturales de lana y algodón, teñidas con colorantes extraídos del exocarpo del coco y la semilla del aguacate.

SOLIDEZ	Lana					
	COCO			AGUACATE		
	AGUA	Etanol 35%	Etanol 70%	AGUA	Etanol 35%	Etanol 70%
A LA LUZ	3	7	7	3	7	7
AL HIPOCLORITO ENERGICO	1	1	1	1	1	1
AL CLORO	3	5	3	5	3	5
SUBLIMACION						
T=150°C	3	5	5	5	5	5
T=180°C	5	5	5	5	5	5
T=210°C	5	5	5	5	5	5

SOLIDEZ	Algodón					
	COCO			AGUACATE		
	AGUA	Etanol 35%	Etanol 70%	AGUA	Etanol 35%	Etanol 70%
A LA LUZ	6	7	6	7	7	7
AL HIPOCLORITO ENERGICO	1	1	1	1	1	1
AL CLORO	5	5	5	4	4	5
SUBLIMACION						
T=150°C	5	4	4	4	4	4
T=180°C	5	4	4	5	5	4
T=210°C	5	3	3	4	5	4

Para solidez a la luz

1 = Escasa
3 = Regular
5 = Buena
7 = Muy Buena
8 = Excelente

Para los demás caracteres de solidez:

1 = Escasa
2 = Regular
3 = Buena
4 = Muy Buena
5 = Excelente

En la tabla No. 9 se puede apreciar los resultados de las pruebas de solidez a las cuales fueron sometidos los colorantes ya aplicados a las fibras naturales.

Se realizaron pruebas de solidez a las fibras teñidas encontrándose que tanto para la lana como para el algodón los valores de solidez al lavado, solidez al cloro y solidez a la sublimación se pueden categorizar como buenas y muy buenas, encontrándose para ambas fibras que la prueba de solidez al hipoclorito energético se categoriza como escasa.

VIII. CONCLUSIONES

1. El valor mas alto de rendimiento de extracto tintóreo del exocarpo del coco fue de 3.60% utilizando alcohol etílico al 70% y el valor mas alto de rendimiento de la semilla de aguacate fue de 7.09% utilizando alcohol etílico al 35%.
2. Se determinó que hay diferencia significativa en el rendimiento de extracto tintóreo del exocarpo del coco, utilizando alcohol etílico al 70% y agua y hay diferencia significativa entre alcohol etílico al 70% y alcohó etílico al 30%.
3. Para el extracto tintóreo de la semilla de aguacate no hay diferencia significativa en el rendimiento al utilizar los tres diferentes solventes.
4. Los valores de rendimiento tintóreo de la semilla del aguacate y del exocarpo del coco no presentan diferencia significativa.
5. Sí hay diferencia significativa en los valores de densidad utilizando los tres solventes diferentes, tanto para exocarpo del coco como semilla de aguacate.
6. Hay diferencia significativa utilizando alcohol etílico al 70% y agua y utilizando alcohol etílico al 70% y al 30%, pero no hay diferencia significativa en los valores de índice de refracción utilizando alcohol etílico al 30% y agua.
7. No existe diferencia significativa en los valores obtenidos de índice de refracción para extracto del coco y del aguacatae independiente del solvente utilizado.
8. Tanto para la lana como para el algodón los valores de solidez al lavado, solidez al cloro y solidez a la sublimación se pueden categorizar como buenas y muy buenas, encontrándose para ambas fibras que la pueba de solidez al hipoclorito enérgico se categoriza como escasa.
9. En el extracto colorante de la corteza del exocarpo del coco está presente el flavonoide denominado Hiperósido, independiente del solvente utilizado mientras que en el extracto colorante de la semilla de aguacate se determinó que sí hay presencia de flavonoides, pero no se determinó que tipo.
10. El extracto colorante de exocarpo del coco no posee ninguno de los metabolitos secundarios analizados en cromatografía en capa fina: ácido clorogénico, rutina, Kaemferol y ácido cafeico, mientras que el extracto tintóreo de la semilla de aguacate posee todos estos metabolitos secundarios.

11. De las 3 pruebas para determinar presencia de taninos en los extractos colorantes de coco, 2 fueron positivas y 1 negativa para el extracto obtenido utilizando alcohol etílico al 35%. Las 3 pruebas para el extracto de aguacate fueron positivas, independiente del solvente utilizado.
12. Las pruebas para determinación de cumarinas y antocianinas resultó positiva para el extracto colorante del exocarpo del coco utilizando como solvente agua.
13. Para los extractos de la semilla de aguacate la prueba para presencia de cumarinas es negativa independiente del solvente utilizado y positiva para antocianinas independiente del solvente utilizados pero negativa para los tres extractos de coco, independiente del solvente utilizado.

IX. RECOMENDACIONES

1. Realizar extracciones utilizando como solvente soluciones acuosas de sulfito de sodio con el objetivo de comparar rendimientos y presencia de metabolitos secundarios.
2. Realizar otros estudios sobre colorantes y tintes naturales utilizando otros desechos agroindustriales.
3. Realizar un estudio comparativo sobre los extractos obtenidos con materia prima seca y fresca.
4. Realizar estudios comparativos utilizando diferentes métodos de lixiviación.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. George T. Austin. **Manual de procesos químicos en la industria.** (Colombia: Editorial McGrawHill, 1997) pp. 573-578.
2. Olga Lock Sing. **Colorantes naturales.** (Perú: Fondo Editorial, Pontificia Universidad Católica de Perú, 1997)
3. Marco Antonio Donado Miranda. Extracción de carotenoides de la caléndula (*calendula officinalis* L.) para su utilización como colorante natural en productos para consumo humano. Tesis Ingeniero Químico. Facultad de Ingeniería. USAC. Guatemala, 2000.
4. Armando Cáceres. **Plantas de uso medicinal en Guatemala.** (Guatemala: Editorial Universitaria, 1996) pp 305-307
- 5 Aceites esenciales y oleorresinas. Estudio de distintos productos y de mercados importantes. Financiado por el Gobierno de Dinamarca. CCI, UNCTAD/GATT. Ginebra, 1986 .
6. http://mail.udlap.mx/~tesis/meiq/perez_l_09/capitulo4.pdf, octubre de 2003.
7. Manual del tintorero. Fundación Gabina J.M. (Guatemala. 1999)
8. Jorge Hernán Torres Romero. **Contribución al Conocimiento de las Plantas tánicas registradas en Colombia.** (Bogotá: Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales. Instituto de Ciencias Naturales. Museo de Historia Natural Universidad Nacional de Colombia, 1983)
9. Fritz Ullman. **Enciclopedia de química industrial** (Versión del alemán bajo dirección del Doctor Jose Estalella. Gustavo Gil, Editor; Barcelona: 1985) Tomos V pp 808-815, XII pp 457-476, XIII pp 693-703.
10. Claudia Lorena Barillas Aragón. Determinación de la concentración y rendimiento de 7-metoxicumarina y aceite esencial, en cinco estados de desarrollo del pericón (*Tagetes lucida* Cav) en la Alameda, Chimaltenango. Tesis Ing. Agrónoma. Facultad de Agronomía. USAC. Guatemala 1995.
11. José Vicente Martínez Arévalo. **Contribuciones al estudio del pericón *Tagetes lucida* Cav. en Guatemala.** Revista Tikalia. Facultad de Agronomía. Volumen xix. 2001
12. Jorge Alejandro Domínguez. **Métodos de investigación fitoquímica.** (México: Editorial Limusa, 1985)
13. Douglas Montgomery. **Diseño y análisis de experimentos.** (México: Grupo Editorial Iberoamericana, 1991).

ANEXO

DATOS ORIGINALES

TABLA 10

Rendimiento porcentual de extractos colorantes, tamaño de partícula.

ESPECIE	SOLVENTE	MUESTRA	RENDIMIENTO (%)
COCO	AGUA	1	2.50
		2	2.20
		3	2.90
	ETANOL 35%	1	2.90
		2	2.70
		3	2.40
	ETANOL 70%	1	3.60
		2	3.70
		3	3.50
AGUACATE	AGUA	1	5.64
		2	2.34
		3	4.65
	ETANOL 35%	1	6.56
		2	7.45
		3	7.25
	ETANOL 70%	1	6.69
		2	8.29
		3	5.79

TABLA 11
Densidad de los extractos colorantes a 20°C

ESPECIE	SOLVENTE	MUESTRA	DENSIDAD (g/mL)
COCO	AGUA	1	0.9968
		2	0.9969
		3	0.9970
	ETANOL 35%	1	0.9553
		2	0.9552
		3	0.9550
	ETANOL 70%	1	0.9024
		2	0.9030
		3	0.9034
AGUACATE	AGUA	1	0.9737
		2	0.9717
		3	0.9737
	ETANOL 35%	1	0.9396
		2	0.9386
		3	0.9435
	ETANOL 70%	1	0.8928
		2	0.8958
		3	0.8841

TABLA 12
Índice de refracción de los extractos colorantes

ESPECIE	SOLVENTE	MUESTRA	INDICE DE REFRACCIÓN
COCO	AGUA	1	1.3341
		2	1.3340
		3	1.3340
	ETANOL 35%	1	1.3339
		2	1.3341
		3	1.3340
	ETANOL 70%	1	1.3353
		2	1.3356
		3	1.3350
AGUACATE	AGUA	1	1.3370
		2	1.3370
		3	1.3400
	ETANOL 35%	1	1.3540
		2	1.3545
		3	1.3545
	ETANOL 70%	1	1.3645
		2	1.3645
		3	1.3645

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

ANÁLISIS ESTADÍSTICO RENDIMIENTO, DENSIDAD E INDICE DE REFRACCIÓN

COCO-RENDIMIENTO ANDEVA-DUNCAN

	1	2	3	$\sum Y$	$(\sum Y)^2$	$\sum (Y)^2$	MEDIAS
AGUA	2.5	2.2	2.9	7.6	57.76	19.5	2.53333333
ETANOL 35%	2.9	2.7	2.4	8	64	21.46	2.66666667
ETANOL 70%	3.6	3.7	3.5	10.8	116.64	38.9	3.6
				T= 26.4		S=79.86	
				T ² =696.96			

observaciones a nivel tratamiento
observaciones totales

n=	3
N=	9

repeticiones

t=	3
----	---

GRADOS DE LIBERTAD

	6
--	---

A=	79.4666667
B=	77.44
SCI=	2.02666667
SCT=	2.42
SCE=	0.39333333
MCI=	1.01333333
MCE=	0.06555556
Fc=	15.4576271

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMAS DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F
Tratamientos	2	2.02666667	1.01333333	
Error	6	0.39333333	0.06555556	15.45
Total	8	2.42		

Y1	2.53333333	
Y2	2.66666667	
Y3	3.6	
ERROR STD=	0.02185185	0.14782372

RANGOS SIGNIFICATIVOS

r=	(2,6)	5.24	Y3-Y1	1.0666667	R3	0.81450869	SIGNIFICATIVO	ET70%AGUA
r=	(3,6)	5.51	Y3-Y2	0.9333333	R2	0.77459629	SIGNIFICATIVO	ET70%-ET30%
			Y2-Y1	0.1333333	R2	0.77459629	NO SIGNIFICATIVO	ET30%AGUA

R2	0.77459629
R3	0.81450869

AGUACATE-RENDIMIENTO
 ANDEVA-DUNCAN

	1	2	3	ΣY	$(\Sigma Y)^2$	$\Sigma (Y)^2$	MEDIAS
AGUA	5.64	2.34	4.65	12.63	159.5169	58.9077	4.21
ETANOL 35%	6.56	7.45	7.25	21.26	451.9876	151.0986	7.08666667
ETANOL 70%	6.69	8.29	5.79	20.77	431.3929	147.0043	6.92333333
				T= 54.66		S=357.01	
				T ² =2987.71			

 observaciones a nivel tratamiento
 observaciones totales

n=	3
N=	9

repeticiones

t=	3
----	---

GRADOS DE LIBERTAD

	6
--	---

A=	347.632467
B=	331.9684
SCI=	15.6640667
SCT=	25.0422
SCE=	9.37813333
MCI=	7.83203333
MCE=	1.56302222
Fc=	5.0108266

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMAS DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F
Tratamientos	2	15.6640667	7.83203333	
Error	6	9.37813333	1.56302222	5.010
Total	8	25.0422		

Y1	4.21	
Y2	6.92333333	
Y3	7.08666667	
ERROR STD=	0.52100741	0.72180843

RANGOS SIGNIFICATIVOS

r=	(2,6)	5.24	Y3-Y1	2.8766667	R3	3.97716444	NO SIGNIFICATIVO	ET70%AGUA
r=	(3,6)	5.51	Y3-Y2	0.16333333	R2	3.78227617	NO SIGNIFICATIVO	ET70%ET35%
			Y2-Y1	2.71333333	R2	3.78227617	NO SIGNIFICATIVO	ET35%AGUA
R2	3.78227617							
R3	3.97716444							

COCO-DENSIDAD
ANDEVA-DUNCAN

	1	2	3	$\sum Y$	$(\sum Y)^2$	$\sum (Y)^2$	MEDIAS
AGUA	0.9968	0.9969	0.997	2.9907	8.94428649	2.98142885	0.9969
ETANOL 35%	0.9553	0.9552	0.955	2.8655	8.21109025	2.73703013	0.95516667
ETANOL 70%	0.9024	0.903	0.9034	2.7088	7.33759744	2.44586632	0.90293333
				T= 8.565		S=8.1643	
				T ² =73.359			

observaciones a nivel tratamiento
observaciones totales

n=	3
N=	9

repeticiones

t=	3
----	---

GRADOS DE LIBERTAD

	6
--	---

A=	8.16432473
B=	8.151025
SCI=	0.01329973
SCT=	0.0133003
SCE=	5.7333E-07
MCI=	0.00664986
MCE=	9.5556E-08
Fc=	69591.5931

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMAS DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F
Tratamientos	2	0.01329973	0.00664986	
Error	6	5.7333E-07	9.5556E-08	69591.5931
Total	8	0.0133003		

Y1	0.90293333	
Y2	0.95516667	
Y3	0.9969	
ERROR STD=	3.1852E-08	0.00017847

RANGOS SIGNIFICATIVOS

r=	(2,6)	5.24		Y3-Y1	0.09396667	R3	0.00098337	SIGNIFICATIVO	ET70%AGUA
r=	(3,6)	5.51		Y3-Y2	0.04173333	R2	0.00093519	SIGNIFICATIVO	ET70%ET35%
				Y2-Y1	0.05223333	R2	0.00093519	SIGNIFICATIVO	ET35%AGUA
R2	0.00093519								
R3	0.00098337								

AGUACATE-DENSIDAD
ANDEVA-DUNCAN

	1	2	3	$\sum Y$	$(\sum Y)^2$	$\sum (Y)^2$	MEDIAS
AGUA	0.9737	0.9717	0.9737	2.9191	8.52114481	2.84038427	0.97303333
ETANOL 35%	0.9396	0.9386	0.9435	2.8217	7.96199089	2.65401037	0.94056667
ETANOL 70%	0.8928	0.8958	0.8841	2.6727	7.14332529	2.38118229	0.8909
				T= 8.4135		S=7.8755	
				T ² =70.7869			

observaciones a nivel tratamiento
observaciones totales

n=	3
N=	9

repeticiones

t=	3
----	---

GRADOS DE LIBERTAD

	6
--	---

A=	7.875487
B=	7.86522025
SCI=	0.01026675
SCT=	0.01035668
SCE=	8.9933E-05
MCI=	0.00513337
MCE=	1.4989E-05
Fc=	342.478577

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMAS DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F
Tratamientos	2	0.01026675	0.00513337	
Error	6	8.9933E-05	1.4989E-05	342.478577
Total	8	0.01035668		

Y1	0.8909	
Y2	0.94056667	
Y3	0.97303333	
ERROR STD=	4.9963E-06	0.00223524

RANGOS SIGNIFICATIVOS

r=	(2,6)	5.24		Y3-Y1	0.08213333	R3	0.01231617	SIGNIFICATIVO	ET70% AGUA
r=	(3,6)	5.51		Y3-Y2	0.03246667	R2	0.01171266	SIGNIFICATIVO	ET70% ET30%
				Y2-Y1	0.04966667	R2	0.01171266	SIGNIFICATIVO	ET30% AGUA
R2	0.01171266								
R3	0.01231617								

COCO-INDICE DE REFRACCIÓN
ANDEVA-DUNCAN

	1	2	3	$\sum Y$	$(\sum Y)^2$	$\sum (Y)^2$	MEDIAS
AGUA	1.3341	1.334	1.334	4.0021	16.0168044	5.33893481	1.33403333
ETANOL 35%	1.3339	1.3341	1.334	4.002	16.016004	5.33866802	1.334
ETANOL 70%	1.3353	1.3356	1.335	4.0059	16.0472348	5.34907845	1.3353
				T= 12.01		S=16.0266	
				T ² =144.24			

observaciones a nivel tratamiento
observaciones totales

n=	3
N=	9

repeticiones

t=	3
----	---

GRADOS DE LIBERTAD

	6
--	---

A=	16.0266811
B=	16.0266778
SCI=	3.2956E-06
SCT=	3.5022E-06
SCE=	2.0667E-07
MCI=	1.6478E-06
MCE=	3.4444E-08
Fc=	47.8387098

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMAS DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F
Tratamientos	2	3.2956E-06	1.6478E-06	
Error	6	2.0667E-07	3.4444E-08	47.8387098
Total	8	3.5022E-06		

Y1	1.334	
Y2	1.33403333	
Y3	1.3353	
ERROR STD=	1.1481E-08	0.00010715

RANGOS SIGNIFICATIVOS

r=	(2,6)	5.24	Y3-Y1	0.0013	R3	0.00059041	SGNIFICATIVO	ET70%AGUA
r=	(3,6)	5.51	Y3-Y2	0.00126667	R2	0.00056147	SGNIFICATIVO	ET70%ET30%
			Y2-Y1	3.3333E-05	R2	0.00056147	NO SGNIFICATIVO	ET30%AGUA
R2	0.00056147							
R3	0.00059041							

AGUACATE-INDICE DE REFRACCIÓN
ANDEVA-DUNCAN

	1	2	3	$\sum Y$	$(\sum Y)^2$	$\sum (Y)^2$	MEDIAS
AGUA	1.337	1.337	1.34	4.014	16.112196	5.370738	1.338
ETANOL 35%	1.354	1.3545	1.3545	4.063	16.507969	5.5026565	1.35433333
ETANOL 70%	1.3646	1.3646	1.3646	4.0938	16.7591984	5.58639948	1.3646
				T= 12.1708		S=16.459	
				T ² =148.128			

observaciones a nivel tratamiento
observaciones totales

n=	3
N=	9

repeticiones

t=	3
----	---

GRADOS DE LIBERTAD

	6
--	---

A=	16.4597878
B=	16.4587081
SCI=	0.00107974
SCT=	0.00108591
SCE=	6.1667E-06
MCI=	0.00053987
MCE=	1.0278E-06
Fc=	525.28

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMAS DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F
Tratamientos	2	3.2956E-06	1.6478E-06	
Error	6	2.0667E-07	3.4444E-08	47.8387098
Total	8	3.5022E-06		

Y1	1.338	
Y2	1.35433333	
Y3	1.3646	
ERROR STD=	3.4259E-07	0.00058531

RANGOS SIGNIFICATIVOS

r=	(2,6)	5.24		Y3-Y1	0.0266	R3	0.00322508	SIGNIFICATIVO	ET70% AGUA
r=	(3,6)	5.51		Y3-Y2	0.01026667	R2	0.00306705	SIGNIFICATIVO	ET70% ET30%
				Y2-Y1	0.01633333	R2	0.00306705	SIGNIFICATIVO	ET30% AGUA
R2							0.00306705		
R3							0.00322508		

ANÁLISIS ESTADÍSTICO PRUEBAS DE SOLIDEZ

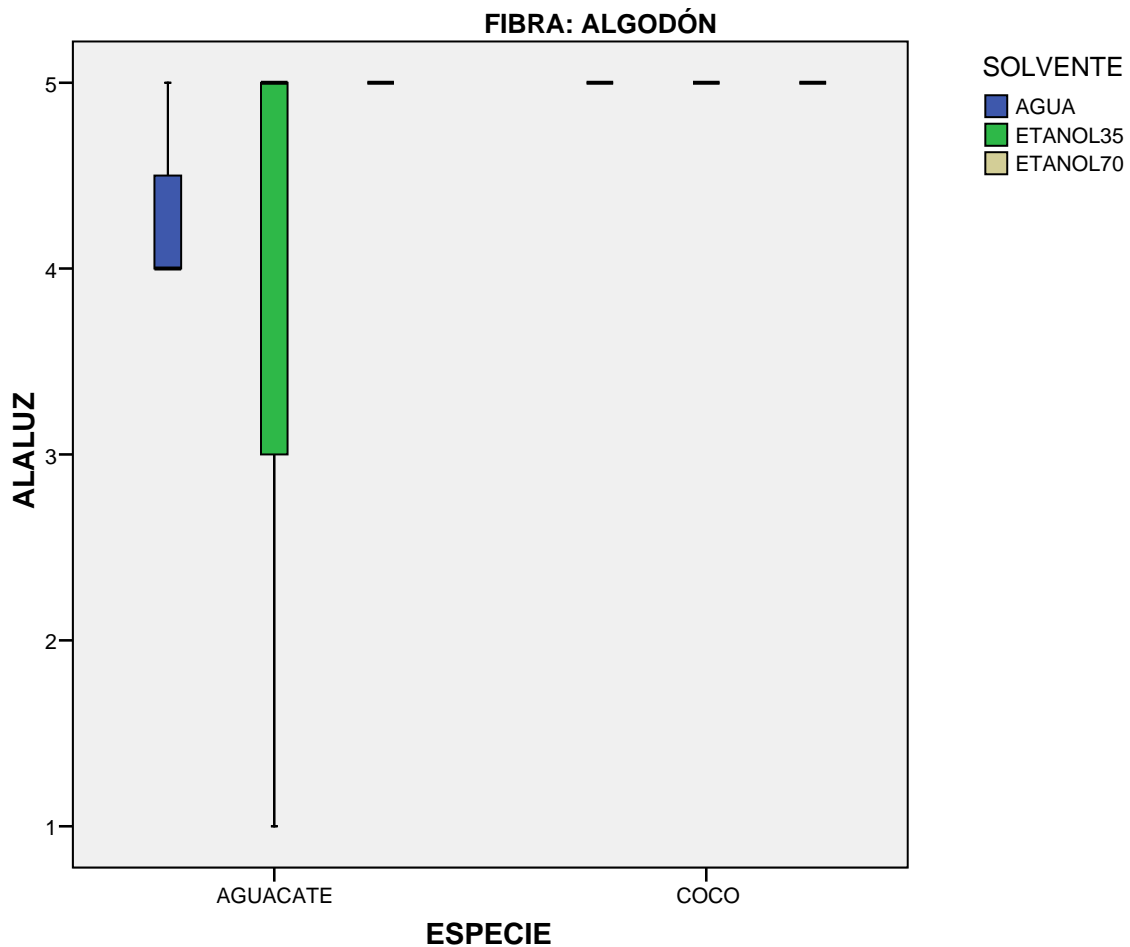
FIBRA = ALGODÓN
 ESPECIE*SOLVENTE

Case Processing Summary(a)

ESPECIE	SOLVENTE	Cases						
		Valid		Missing		Total		
		N	Percent	N	Percent	N	Percent	
ALALUZ	AGUACATE	AGUA	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
	COCO	ETANOL35	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
		ETANOL70	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
AGUA		3	100.0%	0	.0%	3	100.0%	
COCO	ETANOL35	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%	
	COCO	ETANOL70	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
		ETANOL70	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%

a FIBRA = ALGODÓN

ALALUZ



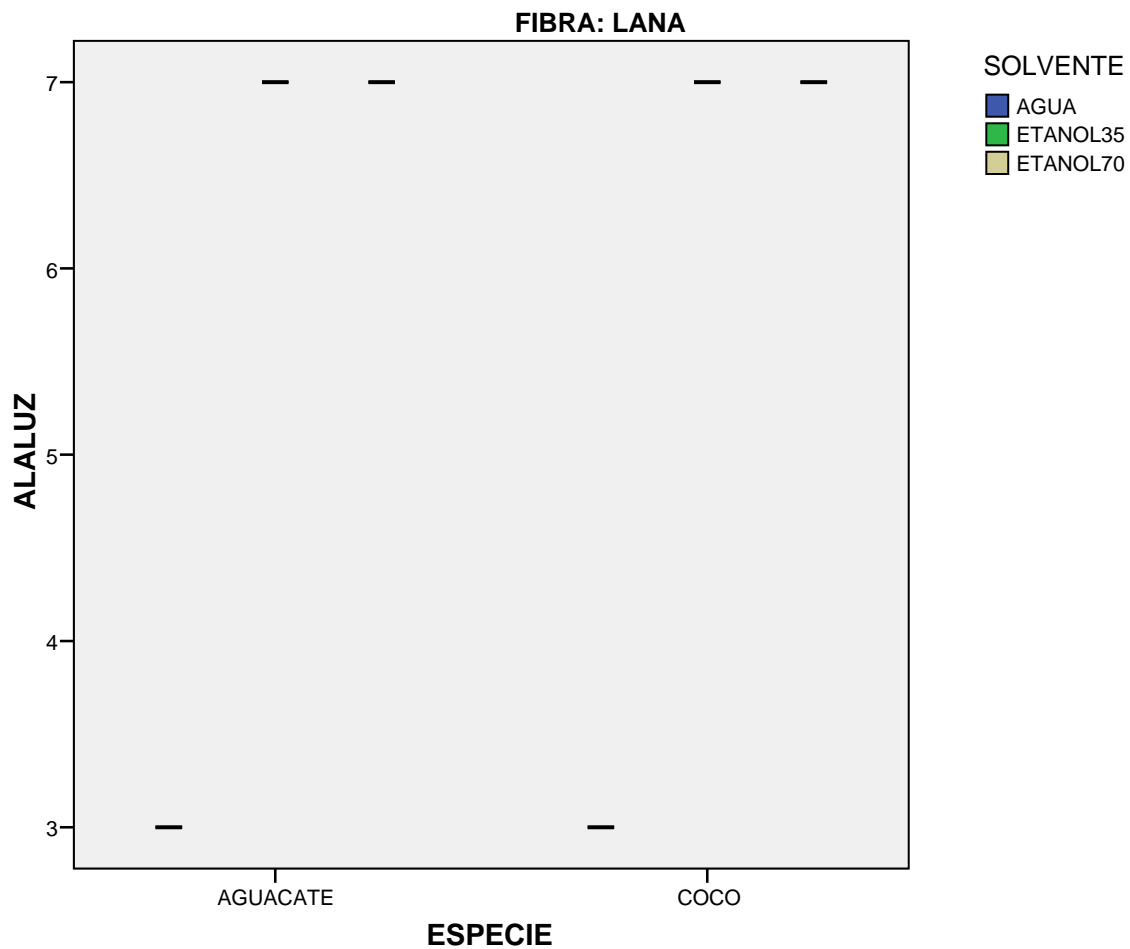
FIBRA = LANA ESPECIE*SOLVENTE

Case Processing Summary(a)

			Cases					
			Valid		Missing		Total	
			N	Percent	N	Percent	N	Percent
ALALUZ	AGUACATE	AGUA	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
		ETANOL35	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
		ETANOL70	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
	COCO	AGUA	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
		ETANOL35	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
		ETANOL70	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%

a FIBRA = LANA

ALALUZ



Explore

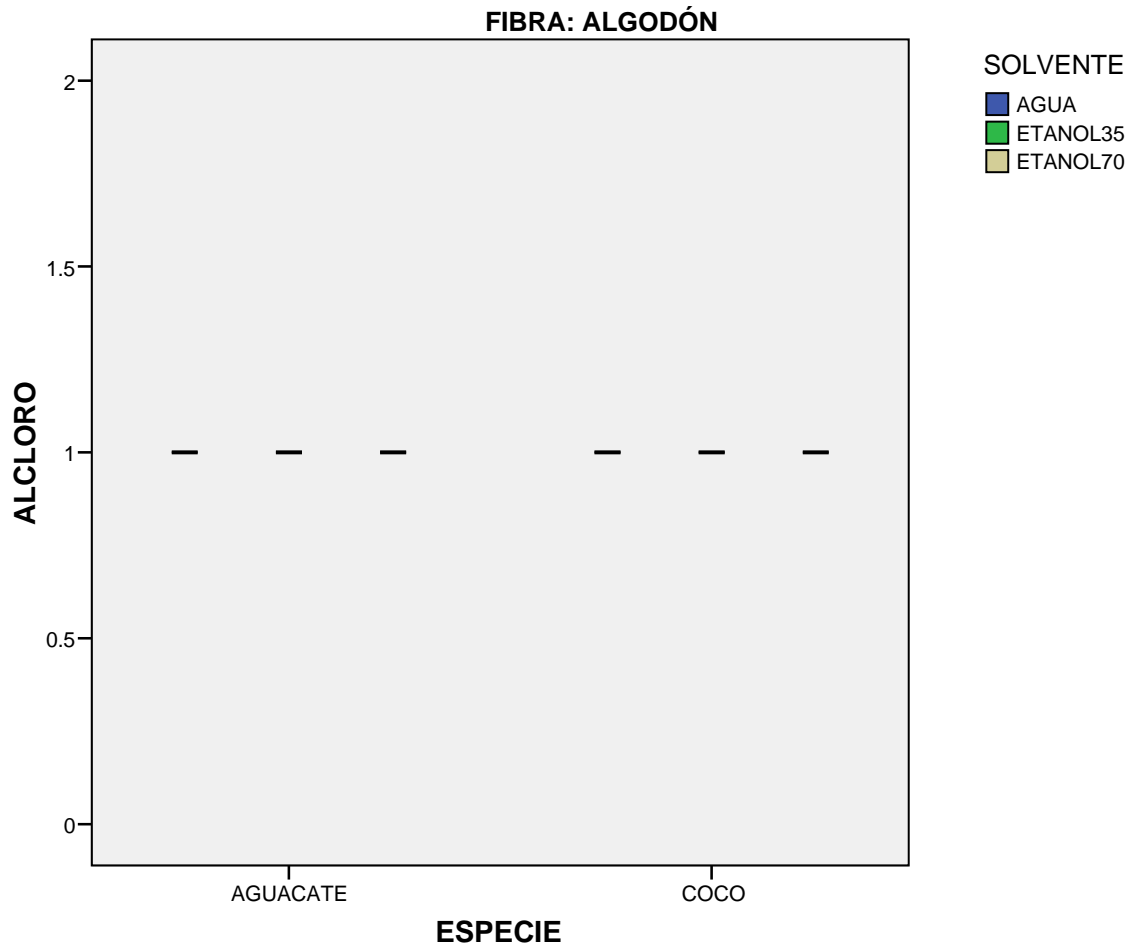
FIBRA = ALGODÓN ESPECIE*SOLVENTE

Case Processing Summary(a)

ESPECIE	SOLVENTE	Cases						
		Valid		Missing		Total		
		N	Percent	N	Percent	N	Percent	
ALCLORO	AGUACATE	AGUA	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
		ETANOL35	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
		ETANOL70	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
COCO	AGUA	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%	
		ETANOL35	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
		ETANOL70	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%

a FIBRA = ALGODÓN

ALCLORO



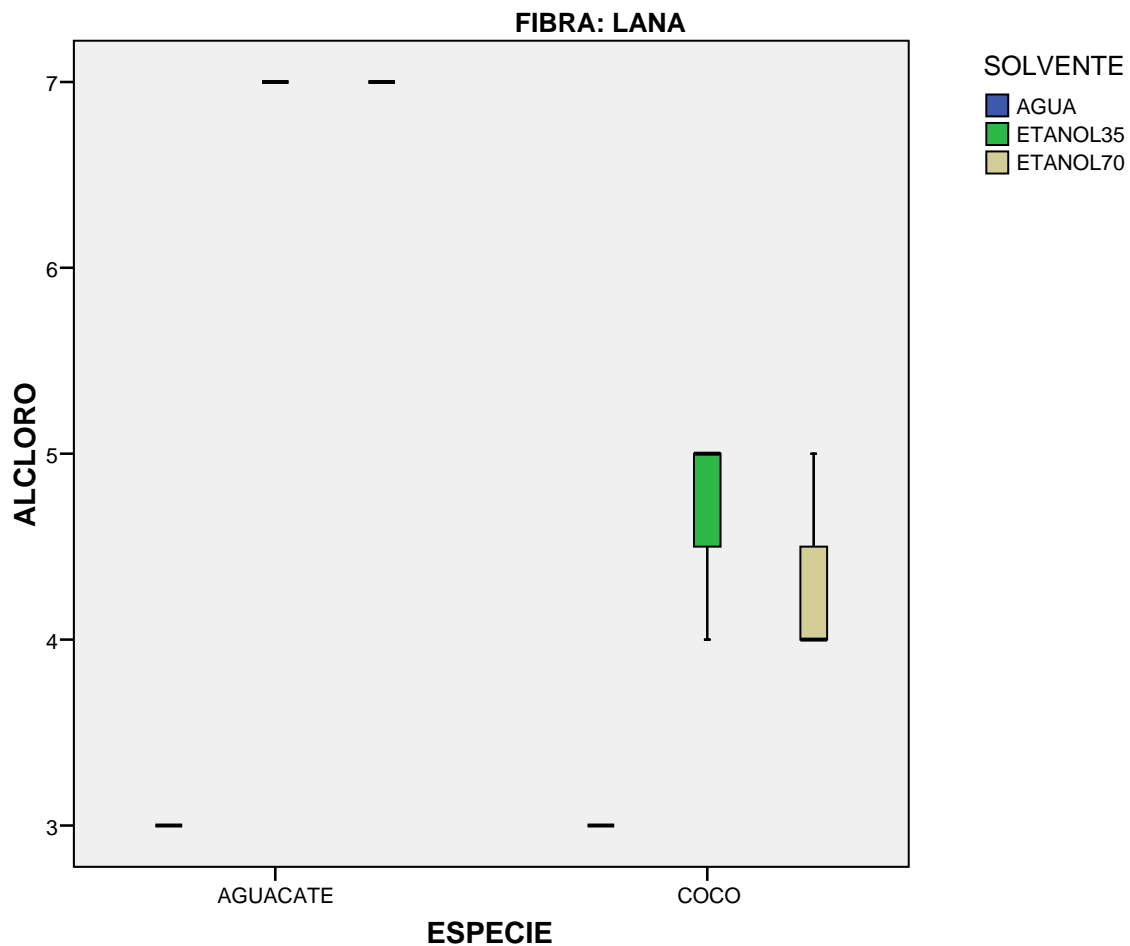
FIBRA = LANA ESPECIE*SOLVENTE

Case Processing Summary(a)

ESPECIE SOLVENTE			Cases					
			Valid		Missing		Total	
			N	Percent	N	Percent	N	Percent
ALCLORO	AGUACATE	AGUA	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
		ETANOL35	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
		ETANOL70	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
COCO	AGUA	AGUA	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
		ETANOL35	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
		ETANOL70	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%

a FIBRA = LANA

ALCLORO



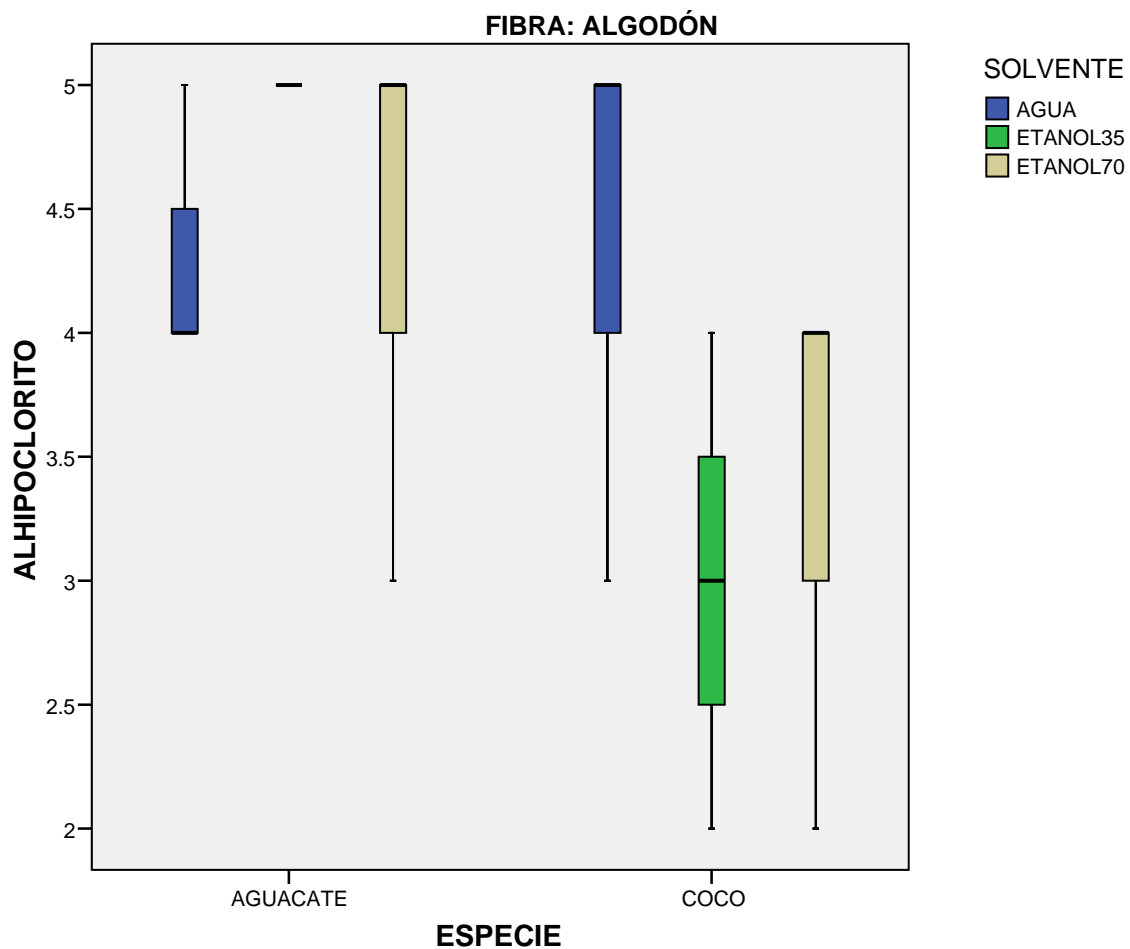
FIBRA = ALGODÓN ESPECIE*SOLVENTE

Case Processing Summary(a)

ESPECIE	SOLVENTE	Cases						
		Valid		Missing		Total		
		N	Percent	N	Percent	N	Percent	
ALHIPOCLORITO	AGUACATE	AGUA	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
		ETANOL35	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
		ETANOL70	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
COCO	AGUA	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%	
		ETANOL35	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
		ETANOL70	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%

a FIBRA = ALGODÓN

ALHIPOCLORITO



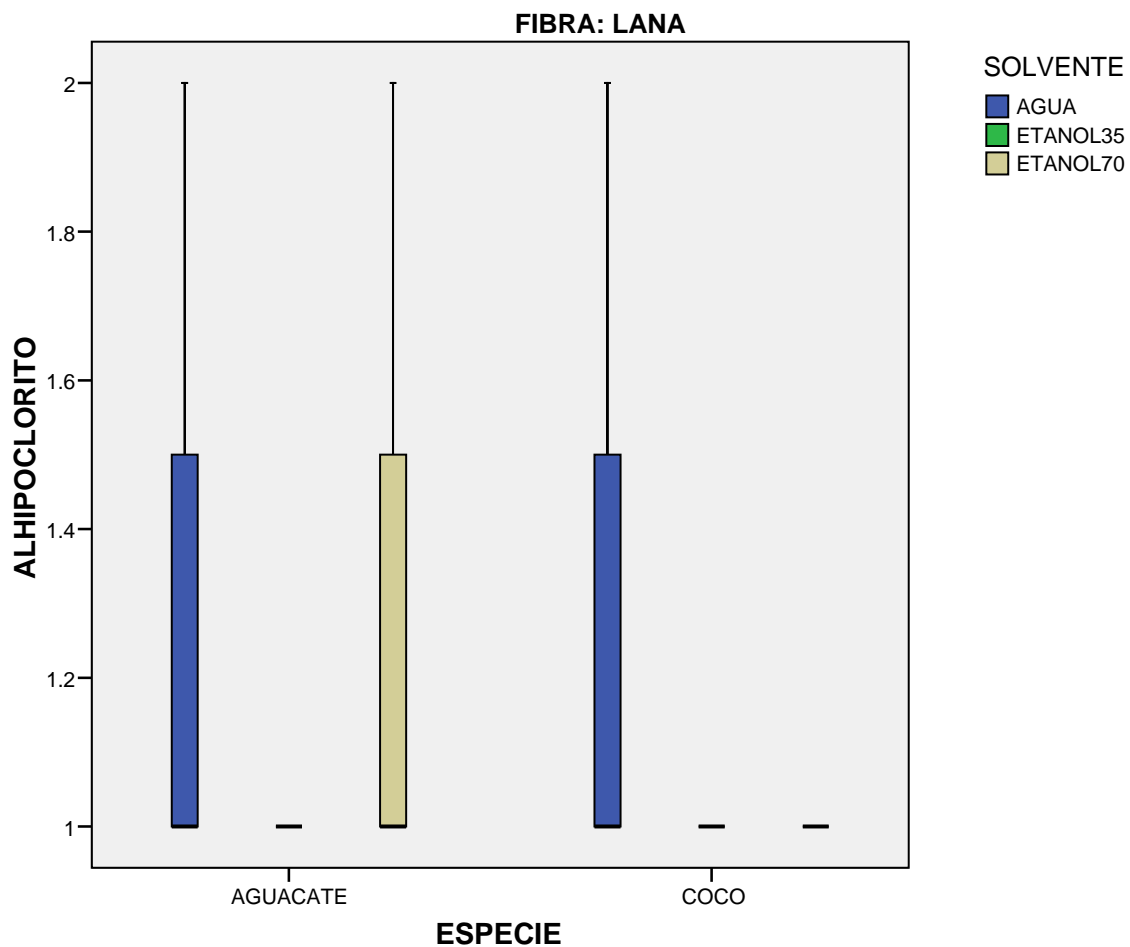
FIBRA = LANA ESPECIE*SOLVENTE

Case Processing Summary(a)

ALHIPOCLORITO	ESPECIE	SOLVENTE	Cases					
			Valid		Missing		Total	
			N	Percent	N	Percent	N	Percent
	AGUACATE	AGUA	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
		ETANOL35	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
		ETANOL70	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
	COCO	AGUA	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
		ETANOL35	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
		ETANOL70	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%

a FIBRA = LANA

ALHIPOCLORITO



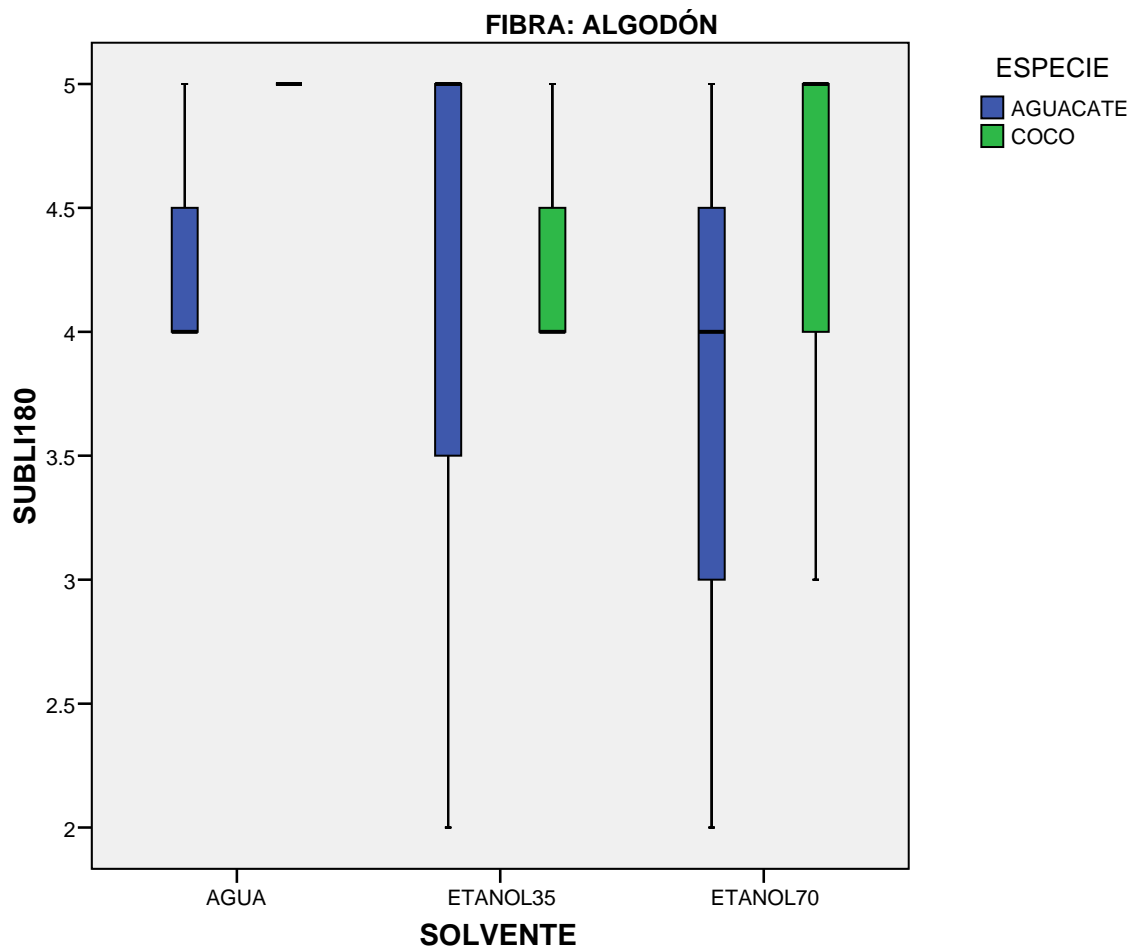
FIBRA = ALGODÓN SOLVENTE*ESPECIE

Case Processing Summary(a)

	SOLVENTE	ESPECIE	Cases					
			Valid		Missing		Total	
			N	Percent	N	Percent	N	Percent
SUBLI180	AGUA	AGUACATE	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
		COCO	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
	ETANOL35	AGUACATE	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
		COCO	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
	ETANOL70	AGUACATE	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
		COCO	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%

a FIBRA = ALGODÓN

SUBLI180



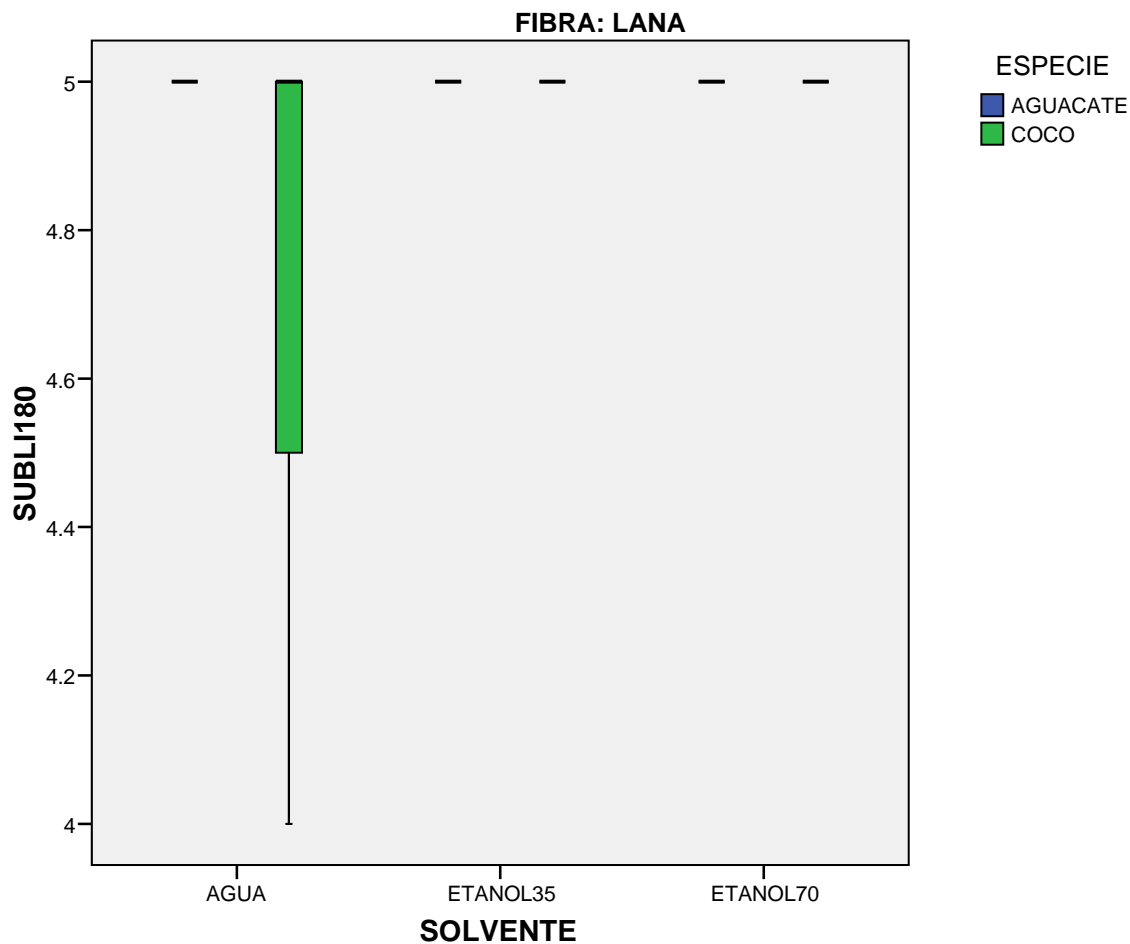
FIBRA = LANA
SOLVENTE*ESPECIE

Case Processing Summary(a)

	SOLVENTE	ESPECIE	Cases					
			Valid		Missing		Total	
			N	Percent	N	Percent	N	Percent
SUBLI180	AGUA	AGUACATE	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
		COCO	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
	ETANOL35	AGUACATE	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
		COCO	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
	ETANOL70	AGUACATE	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
		COCO	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%

a FIBRA = LANA

SUBLI180



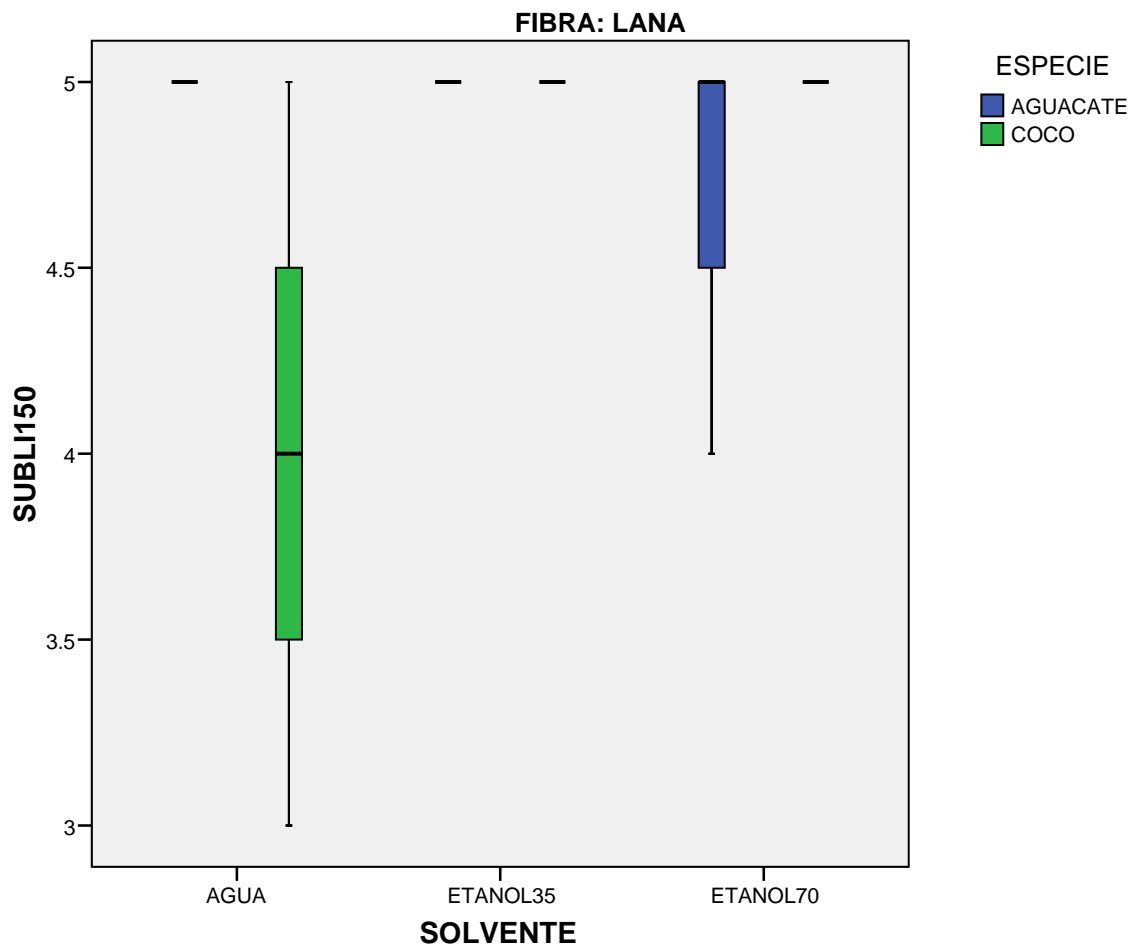
FIBRA = LANA
SOLVENTE*ESPECIE

Case Processing Summary(a)

	SOLVENTE	ESPECIE	Cases					
			Valid		Missing		Total	
			N	Percent	N	Percent	N	Percent
SUBLI150	AGUA	AGUACATE	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
		COCO	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
	ETANOL35	AGUACATE	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
		COCO	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
	ETANOL70	AGUACATE	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%
		COCO	3	100.0%	0	.0%	3	100.0%

a FIBRA = LANA

SUBLI150



FIBRA = ALGODÓN

Between-Subjects Factors(a)

		N
ESPECIE	AGUACATE	9
	COCO	9
SOLVENTE	AGUA	6
	ETANOL35	6
	ETANOL70	6

a FIBRA = ALGODÓN

Descriptive Statistics(a)

Dependent Variable: ALALUZ

ESPECIE	SOLVENTE	Mean	Std. Deviation	N
AGUACATE	AGUA	4.33	.577	3
	ETANOL35	3.67	2.309	3
	ETANOL70	5.00	.000	3
	Total	4.33	1.323	9
COCO	AGUA	5.00	.000	3
	ETANOL35	5.00	.000	3
	ETANOL70	5.00	.000	3
	Total	5.00	.000	9
Total	AGUA	4.67	.516	6
	ETANOL35	4.33	1.633	6
	ETANOL70	5.00	.000	6
	Total	4.67	.970	18

a FIBRA = ALGODÓN

Tests of Between-Subjects Effects(b)

Dependent Variable: ALALUZ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4.667(a)	5	.933	.988	.464
Intercept	392.000	1	392.000	415.059	.000
ESPECIE	2.000	1	2.000	2.118	.171
SOLVENTE	1.333	2	.667	.706	.513
ESPECIE * SOLVENTE	1.333	2	.667	.706	.513
Error	11.333	12	.944		
Total	408.000	18			
Corrected Total	16.000	17			

a R Squared = .292 (Adjusted R Squared = -.003)

b FIBRA = ALGODÓN

Post Hoc Tests

SOLVENTE

Homogeneous Subsets

ALALUZ(c)

Duncan

SOLVENTE	N	Subset
SOLVENTE	1	1
ETANOL35	6	4.33
AGUA	6	4.67
ETANOL70	6	5.00
Sig.		.280

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .944.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

b Alpha = .05.

c FIBRA = ALGODÓN

FIBRA = LANA

Between-Subjects Factors(a)

		N
ESPECIE	AGUACATE	9
	COCO	9
SOLVENTE	AGUA	6
	ETANOL35	6
	ETANOL70	6

a FIBRA = LANA

Descriptive Statistics(a)

Dependent Variable: ALALUZ

ESPECIE	SOLVENTE	Mean	Std. Deviation	N
AGUACATE	AGUA	3.00	.000	3
	ETANOL35	7.00	.000	3
	ETANOL70	7.00	.000	3
	Total	5.67	2.000	9
COCO	AGUA	3.00	.000	3
	ETANOL35	7.00	.000	3
	ETANOL70	7.00	.000	3
	Total	5.67	2.000	9
Total	AGUA	3.00	.000	6
	ETANOL35	7.00	.000	6
	ETANOL70	7.00	.000	6
	Total	5.67	1.940	18

a FIBRA = LANA

Tests of Between-Subjects Effects(b)

Dependent Variable: ALALUZ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	64.000(a)	5	12.800	.	.
Intercept	578.000	1	578.000	.	.
ESPECIE	.000	1	.000	.	.
SOLVENTE	64.000	2	32.000	.	.
ESPECIE * SOLVENTE	.000	2	.000	.	.
Error	.000	12	.000		
Total	642.000	18			
Corrected Total	64.000	17			

a R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.000)

b FIBRA = LANA

FIBRA = ALGODÓN

Between-Subjects Factors(a)

		N
ESPECIE	AGUACATE	9
	COCO	9
SOLVENTE	AGUA	6
	ETANOL35	6
	ETANOL70	6

a FIBRA = ALGODÓN

Descriptive Statistics(a)

Dependent Variable: ALCLORO

ESPECIE	SOLVENTE	Mean	Std. Deviation	N
AGUACATE	AGUA	1.00	.000	3
	ETANOL35	1.00	.000	3
	ETANOL70	1.00	.000	3
	Total	1.00	.000	9
COCO	AGUA	1.00	.000	3
	ETANOL35	1.00	.000	3
	ETANOL70	1.00	.000	3
	Total	1.00	.000	9
Total	AGUA	1.00	.000	6
	ETANOL35	1.00	.000	6
	ETANOL70	1.00	.000	6
	Total	1.00	.000	18

a FIBRA = ALGODÓN

Tests of Between-Subjects Effects(b)

Dependent Variable: ALCLORO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.000(a)	5	.000	.	.
Intercept	18.000	1	18.000	.	.
ESPECIE	.000	1	.000	.	.
SOLVENTE	.000	2	.000	.	.
ESPECIE * SOLVENTE	.000	2	.000	.	.
Error	.000	12	.000		
Total	18.000	18			
Corrected Total	.000	17			

a R Squared = . (Adjusted R Squared = .)

b FIBRA = ALGODÓN

FIBRA = LANA

Between-Subjects Factors(a)

		N
ESPECIE	AGUACATE	9
	COCO	9
SOLVENTE	AGUA	6
	ETANOL35	6
	ETANOL70	6

a FIBRA = LANA

Descriptive Statistics(a)

Dependent Variable: ALCLORO

ESPECIE	SOLVENTE	Mean	Std. Deviation	N
AGUACATE	AGUA	3.00	.000	3
	ETANOL35	7.00	.000	3
	ETANOL70	7.00	.000	3
	Total	5.67	2.000	9
COCO	AGUA	3.00	.000	3
	ETANOL35	4.67	.577	3
	ETANOL70	4.33	.577	3
	Total	4.00	.866	9
Total	AGUA	3.00	.000	6
	ETANOL35	5.83	1.329	6
	ETANOL70	5.67	1.506	6
	Total	4.83	1.724	18

a FIBRA = LANA

Tests of Between-Subjects Effects(b)

Dependent Variable: ALCLORO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	49.167(a)	5	9.833	88.500	.000
Intercept	420.500	1	420.500	3784.500	.000
ESPECIE	12.500	1	12.500	112.500	.000
SOLVENTE	30.333	2	15.167	136.500	.000
ESPECIE * SOLVENTE	6.333	2	3.167	28.500	.000
Error	1.333	12	.111		
Total	471.000	18			
Corrected Total	50.500	17			

a R Squared = .974 (Adjusted R Squared = .963)

b FIBRA = LANA

Post Hoc Tests

SOLVENTE

Homogeneous Subsets

ALCLORO(c)

Duncan

SOLVENTE	N	Subset	
	1	2	1
AGUA	6	3.00	
ETANOL70	6		5.67
ETANOL35	6		5.83
Sig.		1.000	.403

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .111.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

b Alpha = .05.

c FIBRA = LANA

FIBRA = ALGODÓN

Between-Subjects Factors(a)

		N
ESPECIE	AGUACATE	9
	COCO	9
SOLVENTE	AGUA	6
	ETANOL35	6
	ETANOL70	6

a FIBRA = ALGODÓN

Descriptive Statistics(a)

Dependent Variable: ALHIPOCLORITO

ESPECIE	SOLVENTE	Mean	Std. Deviation	N
AGUACATE	AGUA	4.33	.577	3
	ETANOL35	5.00	.000	3
	ETANOL70	4.33	1.155	3
	Total	4.56	.726	9
COCO	AGUA	4.33	1.155	3
	ETANOL35	3.00	1.000	3
	ETANOL70	3.33	1.155	3
	Total	3.56	1.130	9
Total	AGUA	4.33	.816	6
	ETANOL35	4.00	1.265	6
	ETANOL70	3.83	1.169	6
	Total	4.06	1.056	18

a FIBRA = ALGODÓN

Tests of Between-Subjects Effects(b)

Dependent Variable: ALHIPOCLORITO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	8.278(a)	5	1.656	1.863	.175
Intercept	296.056	1	296.056	333.063	.000
ESPECIE	4.500	1	4.500	5.063	.044
SOLVENTE	.778	2	.389	.437	.656
ESPECIE * SOLVENTE	3.000	2	1.500	1.688	.226
Error	10.667	12	.889		
Total	315.000	18			
Corrected Total	18.944	17			

a R Squared = .437 (Adjusted R Squared = .202)

b FIBRA = ALGODÓN

Post Hoc Tests

SOLVENTE Homogeneous Subsets

ALHIPOCLORITO(c)

Duncan

SOLVENTE	N	Subset
	1	1
ETANOL70	6	3.83
ETANOL35	6	4.00
AGUA	6	4.33
Sig.		.400

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .889.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

b Alpha = .05.

c FIBRA = ALGODÓN

FIBRA = LANA

Between-Subjects Factors(a)

		N
ESPECIE	AGUACATE	9
	COCO	9
SOLVENTE	AGUA	6
	ETANOL35	6
	ETANOL70	6

a FIBRA = LANA

Descriptive Statistics(a)

Dependent Variable: ALHIPOCLORITO

ESPECIE	SOLVENTE	Mean	Std. Deviation	N
AGUACATE	AGUA	1.33	.577	3
	ETANOL35	1.00	.000	3
	ETANOL70	1.33	.577	3
	Total	1.22	.441	9
COCO	AGUA	1.33	.577	3
	ETANOL35	1.00	.000	3
	ETANOL70	1.00	.000	3
	Total	1.11	.333	9
Total	AGUA	1.33	.516	6
	ETANOL35	1.00	.000	6
	ETANOL70	1.17	.408	6
	Total	1.17	.383	18

a FIBRA = LANA

Tests of Between-Subjects Effects(b)

Dependent Variable: ALHIPOCLORITO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.500(a)	5	.100	.600	.701
Intercept	24.500	1	24.500	147.000	.000
ESPECIE	.056	1	.056	.333	.574
SOLVENTE	.333	2	.167	1.000	.397
ESPECIE * SOLVENTE	.111	2	.056	.333	.723
Error	2.000	12	.167		
Total	27.000	18			
Corrected Total	2.500	17			

a R Squared = .200 (Adjusted R Squared = -.133)

b FIBRA = LANA

Post Hoc Tests

SOLVENTE

Homogeneous Subsets

ALHIPOCLORITO(c)

Duncan

	N	Subset
SOLVENTE	1	1
ETANOL35	6	1.00
ETANOL70	6	1.17
AGUA	6	1.33
Sig.		.203

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .167.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

b Alpha = .05.

c FIBRA = LANA

Univariate Analysis of Variance

FIBRA = ALGODÓN

Between-Subjects Factors(a)

		N
ESPECIE	AGUACATE	9
	COCO	9
SOLVENTE	AGUA	6
	ETANOL35	6
	ETANOL70	6

a FIBRA = ALGODÓN

Descriptive Statistics(a)

Dependent Variable: SUBLI180

ESPECIE	SOLVENTE	Mean	Std. Deviation	N
AGUACATE	AGUA	4.33	.577	3
	ETANOL35	4.00	1.732	3
	ETANOL70	3.67	1.528	3
	Total	4.00	1.225	9
COCO	AGUA	5.00	.000	3
	ETANOL35	4.33	.577	3
	ETANOL70	4.33	1.155	3
	Total	4.56	.726	9
Total	AGUA	4.67	.516	6
	ETANOL35	4.17	1.169	6
	ETANOL70	4.00	1.265	6
	Total	4.28	1.018	18

a FIBRA = ALGODÓN

Tests of Between-Subjects Effects(b)

Dependent Variable: SUBLI180

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2.944(a)	5	.589	.482	.783
Intercept	329.389	1	329.389	269.500	.000
ESPECIE	1.389	1	1.389	1.136	.307
SOLVENTE	1.444	2	.722	.591	.569
ESPECIE * SOLVENTE	.111	2	.056	.045	.956
Error	14.667	12	1.222		
Total	347.000	18			
Corrected Total	17.611	17			

a R Squared = .167 (Adjusted R Squared = -.180)

b FIBRA = ALGODÓN

Post Hoc Tests

SOLVENTE

Homogeneous Subsets

SUBLI180(c)

Duncan

	N	Subset
SOLVENTE	1	1
ETANOL70	6	4.00
ETANOL35	6	4.17
AGUA	6	4.67
Sig.		.340

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 1.222.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

b Alpha = .05.

c FIBRA = ALGODÓN

FIBRA = LANA

Between-Subjects Factors(a)

		N
ESPECIE	AGUACATE	9
	COCO	9
SOLVENTE	AGUA	6
	ETANOL35	6
	ETANOL70	6

a FIBRA = LANA

Descriptive Statistics(a)

Dependent Variable: SUBLI180

ESPECIE	SOLVENTE	Mean	Std. Deviation	N
AGUACATE	AGUA	5.00	.000	3
	ETANOL35	5.00	.000	3
	ETANOL70	5.00	.000	3
	Total	5.00	.000	9
COCO	AGUA	4.67	.577	3
	ETANOL35	5.00	.000	3
	ETANOL70	5.00	.000	3
	Total	4.89	.333	9
Total	AGUA	4.83	.408	6
	ETANOL35	5.00	.000	6
	ETANOL70	5.00	.000	6
	Total	4.94	.236	18

a FIBRA = LANA

Tests of Between-Subjects Effects(b)

Dependent Variable: SUBLI180

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.278(a)	5	.056	1.000	.458
Intercept	440.056	1	440.056	7921.000	.000
ESPECIE	.056	1	.056	1.000	.337
SOLVENTE	.111	2	.056	1.000	.397
ESPECIE * SOLVENTE	.111	2	.056	1.000	.397
Error	.667	12	.056		
Total	441.000	18			
Corrected Total	.944	17			

a R Squared = .294 (Adjusted R Squared = .000)

b FIBRA = LANA

Post Hoc Tests

SOLVENTE

Homogeneous Subsets

SUBLI180(c)

Duncan

SOLVENTE	N	Subset
SOLVENTE	1	1
AGUA	6	4.83
ETANOL35	6	5.00
ETANOL70	6	5.00
Sig.		.266

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .056.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

b Alpha = .05.

c FIBRA = LANA

FIBRA = LANA

Between-Subjects Factors(a)

		N
ESPECIE	AGUACATE	9
	COCO	9
SOLVENTE	AGUA	6
	ETANOL35	6
	ETANOL70	6

a FIBRA = LANA

Descriptive Statistics(a)

Dependent Variable: SUBLI150

ESPECIE	SOLVENTE	Mean	Std. Deviation	N
AGUACATE	AGUA	5.00	.000	3
	ETANOL35	5.00	.000	3
	ETANOL70	4.67	.577	3
	Total	4.89	.333	9
COCO	AGUA	4.00	1.000	3
	ETANOL35	5.00	.000	3
	ETANOL70	5.00	.000	3
	Total	4.67	.707	9
Total	AGUA	4.50	.837	6
	ETANOL35	5.00	.000	6
	ETANOL70	4.83	.408	6
	Total	4.78	.548	18

a FIBRA = LANA

Tests of Between-Subjects Effects(b)

Dependent Variable: SUBLI150

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2.444(a)	5	.489	2.200	.122
Intercept	410.889	1	410.889	1849.000	.000
ESPECIE	.222	1	.222	1.000	.337
SOLVENTE	.778	2	.389	1.750	.215
ESPECIE * SOLVENTE	1.444	2	.722	3.250	.074
Error	2.667	12	.222		
Total	416.000	18			
Corrected Total	5.111	17			

a R Squared = .478 (Adjusted R Squared = .261)

b FIBRA = LANA

Post Hoc Tests

SOLVENTE

Homogeneous Subsets

SUBL150(c)

Duncan

SOLVENTE	N	Subset
	1	1
AGUA	6	4.50
ETANOL70	6	4.83
ETANOL35	6	5.00
Sig.		.105

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .222.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

b Alpha = .05.

c FIBRA = LANA

FOTOS PRUEBAS DE SOLIDEZ Y TINCION DE LANA Y ALGODÓN

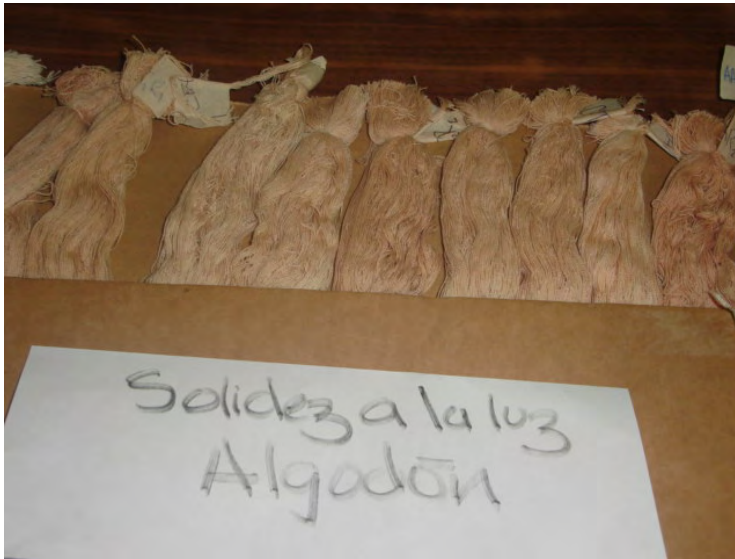
SUBLIMACIÓN ALGODÓN



SUBLIMACION BLANCO LANA



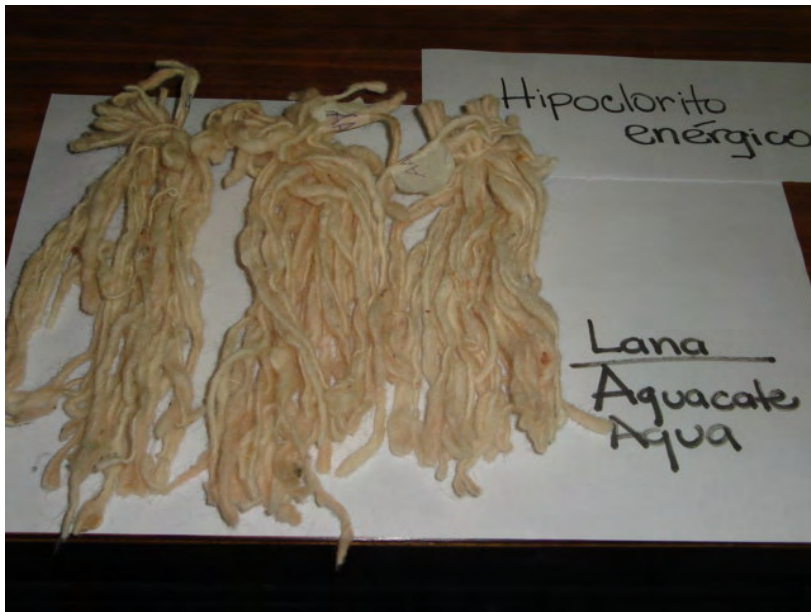
SOLIDEZ A LA LUZ COCO-AGUACATE ALGODON



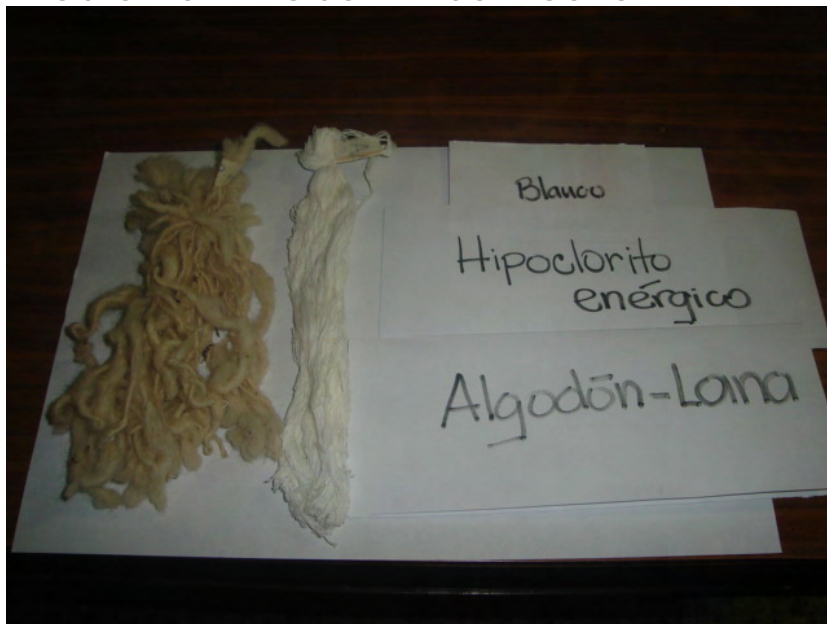
SOLIDEZ AL CLORO AGUACATE ALGODON



HIPOCLORITO ENÉRGICO LANA AGUACATE AGUA



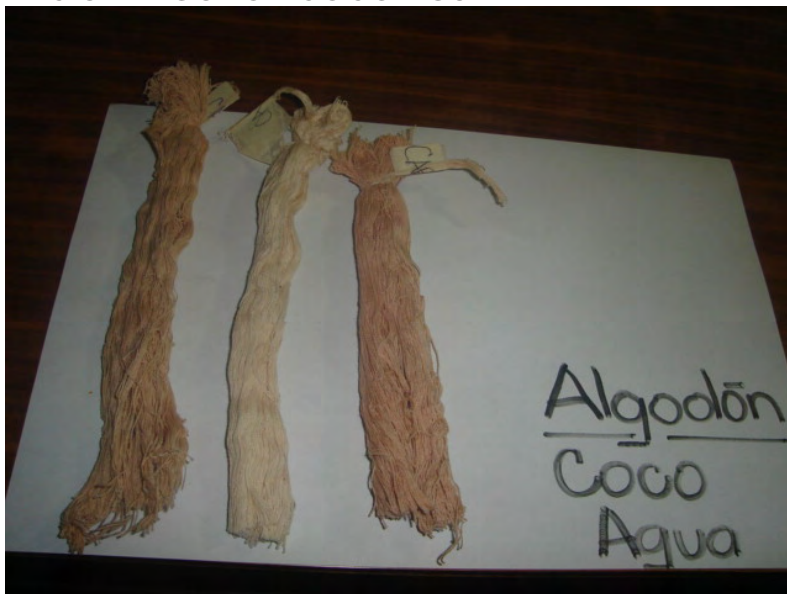
HIPOCLORITO ENÉRGICO BLANCO ALGODÓN LANA



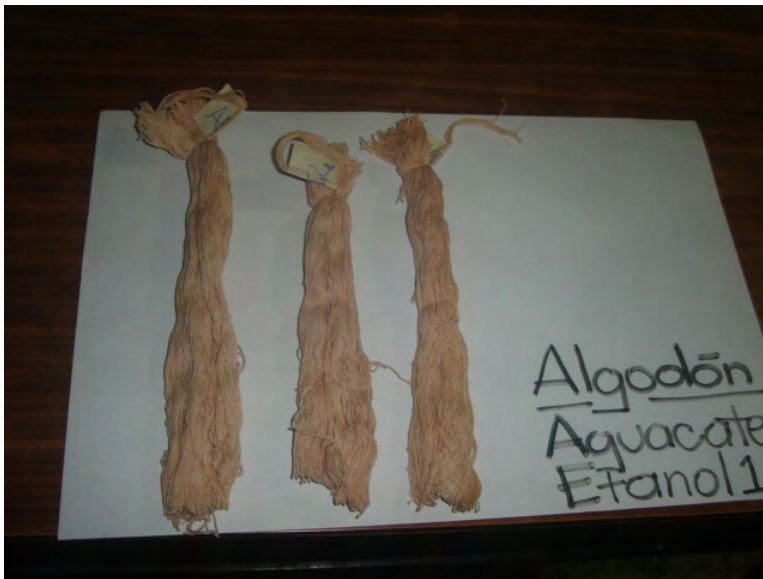
TINCION ALGODÓN AGUACATE AGUA



TINCIÓN ALGODÓN COCO AGUA



TINCION ALGODÓN AGUACATE ETANOL 35%



TINCION ALGODÓN COCO ETANOL 35%

