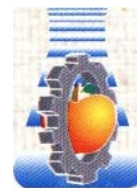




UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN
ALIMENTOS



CARRERA: DE INGENIERÍA BIOQUÍMICA

TEMA

**“EXTRACCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN COLORANTE
NATURAL A PARTIR DE LA PEPA DE AGUACATE PARA
EL TEÑIDO DE LAS FIBRAS DE ALGODÓN Y POLIÉSTER”**

Trabajo de Investigación (Graduación). Modalidad: Seminario de Graduación. Presentando como Requisito Previo a la Obtención del Título de Ingeniero en Bioquímica, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos

AUTOR: Diana Paulina Guerrero Escobar

TUTOR: Ing. Natalia Moreno

AMBATO – ECUADOR

2011

Ing. Natalia Moreno

TUTOR DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CERTIFICA:

Que el presente Trabajo de Investigación: **"EXTRACCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN COLORANTE NATURAL A PARTIR DE LA PEPA DE AGUACATE PARA EL TEÑIDO DE LAS FIBRAS DE ALGODÓN Y POLIÉSTER"** desarrollado por **Diana Paulina Guerrero Escobar**; observa las orientaciones metodológicas de la Investigación Científica.

Que ha sido dirigida en todas sus partes, cumpliendo con las disposiciones en la Universidad Técnica de Ambato, a través del Seminario de Graduación.

Por lo expuesto:

Autorizo su presentación ante los organismos competentes para la respectiva calificación.

Ambato, Junio del 2010

Ing. Natalia Moreno

TUTOR DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido del Trabajo de Investigación **"EXTRACCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN COLORANTE NATURAL A PARTIR DE LA PEPA DE AGUACATE PARA EL TEÑIDO DE LAS FIBRAS DE ALGODÓN Y POLIÉSTER"** corresponde a Diana Paulina Guerrero Escobar; Ing. Natalia y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Técnica de Ambato.

Diana Guerrero

Autor

Ing. Natalia Moreno

Tutor del proyecto

A CONSEJO DIRECTIVO DE LA FCIAL

El Tribunal de Defensa del Trabajo de Investigación “**EXTRACCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN COLORANTE NATURAL A PARTIR DE LA PEPA DE AGUACATE PARA EL TEÑIDO DE LAS FIBRAS DE ALGODÓN Y POLIÉSTER**”, presentado por la Srta. Diana Paulina Guerrero Escobar y conformada por: la Ing. Cecilia Carpio; María Teresa Pacheco Miembros del Tribunal de Defensa y Tutor del Trabajo de Investigación; Ing. Natalia Moreno y presidido por el Ingeniero Romel Rivera, Presidente de Consejo Directivo, Ingeniera Mayra Paredes E., Coordinadora del Décimo Seminario de Graduación FCIAL-UTA, una vez escuchada la defensa oral y revisado el Trabajo de Investigación escrito en el cuál se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas por el Tribunal de Defensa del Trabajo de Investigación, remite el presente Trabajo de Investigación para uso y custodia en la Biblioteca de la FCIAL.

Ing. Romel Rivera
Presidente Consejo Directivo

Ing. Mayra Paredes E.
Coordinadora Décimo Seminario de Graduación

Ing. Cecilia Carpio
Miembro del Tribunal

Ing. María Teresa Pacheco
Miembro del Tribunal

DEDICATORIA.

A Dios, por haberme dado la vida; A toda mi familia, en especial a mi Madre; quien con todo su esfuerzo y sacrificio me ha apoyado en todo momento, educándome y formándome con valores éticos y morales para así hacer de mi una mujer de bien para en un futuro ser una profesional de provecho; A mi hijo porque él ha sido la razón para que yo pueda continuar adelante.

AGRADECIMIENTO

Debo agradecer a muchas personas que me brindaron su constante apoyo material, moral y profesional para llegar a cumplir mi meta.

A mi madre por su gran amor, comprensión, y apoyo, ha sabido guiarme durante toda mi vida.

A mis hermanas: Paty y Jime por todos los consejos y el cariño que me brindan día a día.

A mi hijo por ser la razón de mi vida.

A la Ing. Natalia Moreno tutor de este proyecto, por brindarme sus conocimientos, y ser guía durante el transcurso que ha durado mi trabajo.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Tema:

“EXTRACCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN COLORANTE NATURAL A PARTIR DE LA PEPa DE AGUACATE PARA EL TEÑIDO DE LAS FIBRAS DE ALGODÓN Y POLIESTER”

AUTOR

Diana Paulina Guerrero Escobar

TUTOR

Ing. Natalia Moreno.

RESUMEN EJECUTIVO

Para el desarrollo del presente trabajo, se utilizó la semilla del aguacate para extraer un colorante natural, El proceso constó de los siguientes partes; la extracción, análisis, evaluación y la aplicación del colorante en las fibras textiles, para la extracción del colorante se utilizo un equipo de destilación simple, con la ayuda de los solventes se pudo obtener un colorante en polvo.

En esta investigación se planteó dos factores de estudio cada uno con dos niveles estos factores fueron; el tipo de solvente (hidróxido de sodio y etanol), y el estado de la semilla (fresca y seca); para establecer los mejores tratamientos, se utilizó un diseño experimental $a*b$.

En base al análisis estadístico, para el rendimiento del colorante los resultados indican que el mejor tratamiento es la utilización de hidróxido de sodio $R= 40\%$, mas no hay diferencia significativa con la relación al estado de la semilla.

Mientras que para la concentración del colorante hay diferencia significativa entre los dos solventes, y el mejor es el hidróxido de sodio también para el factor b hay diferencia significativa ya que el estado de la semilla también influye en la concentración del colorante, siendo el mejor siendo el mejor tratamiento aquel con la semilla seca que con la fresca.

En la aplicación de las fibras textiles se utilizó el algodón, una fibra natural y el poliéster una fibra sintética, para establecer diferencias; se obtuvo mejores resultados con el algodón que con el poliéster, utilizando el hidróxido de sodio dio una coloración café oscura mientras que con el etanol dio una coloración café –rojiza

Se evaluó el colorante natural comparando con un colorante comercial, mediante la prueba de solidez al lavado dándonos buenos resultados. Además se determinó el agotamiento del baño residual siendo este 98,4% es decir que el colorante se adhiere muy bien a la fibra

ÍNDICE

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN.....	2
1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO.....	4
1.2.3 PROGNOSIS.....	6
1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	6
1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES.....	7
1.2.6 DELIMITACIÓN.....	7
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	7
1.4 OBJETIVOS.....	8
1.4.1 GENERAL.....	8
1.4.2 ESPECÍFICOS.....	9

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	10
2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.....	12
2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	12
2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.....	13
TINTES NATURALES.....	14
EL AGUACATE.....	18
ANTOCIANINAS.....	21
ESPECTROFOTOMETRÍA.....	28

POLIÉSTER.....	30
ALGODÓN.....	31
2.5 HIPÓTESIS.....	33
2.6 SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES.....	33

CAPÍTULO III

METODOLOGIA

3.1 ENFOQUE.....	34
3.2 MODALIDAD BÁSICA DE INVESTIGACIÓN.....	34
3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	34
3.4 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.....	35
3.5 POBLACIÓN Y MUESTRA	44
3.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	45

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	47
-------------------------------------	----

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.....	51
5.2 RECOMENDACIONES.....	52

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 DATOS INFORMATIVOS.....	54
6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.....	55
6.3 JUSTIFICACIÓN.....	56
6.4 OBJETIVOS.....	56
6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	57
6.6 FUNDAMENTACIÓN.....	58
6.7 METODOLOGÍA.....	63
6.8 ADMINISTRACIÓN.....	64
6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN.....	64
BIBLIOGRAFÍA.....	66

ANEXOS

ANEXO A TABLAS DE RESULTADOS

ANEXO B ANÁLISIS ESTADÍSTICO

ANEXO C FOTOS

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Tema de investigación

“EXTRACCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN COLORANTE NATURAL A PARTIR DE LA PEPA DE AGUACATE PARA EL TEÑIDO DE LAS FIBRAS DE ALGODÓN Y POLIÉSTER”

1.2. Planteamiento del problema

Las plantas poseen características químicas, físicas y biológicas, que han sido aprovechadas y manipuladas según las necesidades del hombre. Los compuestos colorantes que se encuentran en la planta se localizan prácticamente en todas sus partes, (Cáceres, 1996).

El uso de la vegetación ha sido y es hasta ahora el soporte económico y sociocultural más importante de muchas comunidades. Se tiene evidencia que los bosques además de la madera, proporcionan otros beneficios y productos no forestales, que las comunidades conocen y utilizan desde tiempos remotos como elemento indispensable y tradicional de supervivencia, (Caballero, 1995).

Entre los productos del bosque que presentan alternativa de aprovechamiento distinta de la madera, pueden destacarse las especies productoras de colorantes, ya que son ampliamente utilizadas por diferentes industrias, (Klinger *et al.*, 2000). Los colorantes están presentes en casi todas las plantas. De éstos, unos son producidos directamente por la actividad fisiológica de las plantas, mientras que otros son producto de

transformaciones artificiales de sustancias de procedencia vegetal. Los que se encuentran ya formados en la naturaleza, suelen estar disueltos o formando depósitos granulares en las células superficiales de las plantas. Los colorantes vegetales se hallan concentrados en las vacuolas celulares de un sinnúmero de plantas, en donde a su vez sin encontrarse en estado puro, se asocian con otras sustancias como aceites, resinas, y en particular con los taninos que son de carácter astringente.

La importancia de los colorantes naturales en la industria textil desapareció con el uso ahora ya extendido de los colorantes sintéticos empleados en distintas fibras, pero durante los últimos 10 años, el uso de los colorantes naturales en el ámbito mundial se ha incrementado en forma casi explosiva, debido a la exigencia de su uso en las industrias alimenticias, farmacéuticas y cosméticas establecidas por las legislaciones de los diferentes países; recientemente al encontrarnos en la era ecológica, el uso de colorantes naturales en la industria textil ha iniciado ya su aplicación. El creciente uso de estos colorantes, ha dado como resultado el incremento de la demanda generando en algunos casos problemas de abastecimiento en el mercado mundial. Los colorantes naturales han tenido mucho auge debido a su biodegradabilidad y a su baja toxicidad, dichos colorantes se emplean tanto para el teñido de fibras naturales o sintéticas, (Rojas, 2008).

1.2.1. Contextualización macro, meso y micro.

La industria Textil es uno de los sectores manufactureros de mayor importancia para el desarrollo de la economía a nivel mundial. Por sus características y potencial, constituye una industria altamente integrada, altamente generadora de empleo y que utiliza en gran medida recursos.

En tal sentido, la industria textil genera demanda a otros sectores, como la industria química, por la utilización de insumos como los colorantes. (Dr. Carbonell J., Dr Walliser R., Dr Hasler H., Gilbert S, 1976)

Actualmente, el 80% de los colorantes utilizados en las industrias de alimentación y cosmética, así como en el sector farmacéutico, textil son de naturaleza sintética. La razón que lleva a las industrias a utilizar estos colorantes sintéticos radica en que el coste de los mismos es mucho menor. El proceso tradicional para obtener colorantes naturales es muy costoso y la productividad escasa, esto hace que no sea rentable utilizarlos. Sin embargo, los colorantes sintéticos no pueden ofrecer las ventajas de aquellos de origen natural. Los naturales, al ser biodegradables, se absorben por el organismo de forma natural y sin ningún perjuicio para nuestra salud, y cada vez más, aumenta la necesidad de reemplazar los compuestos sintéticos por otros de origen natural. Hasta ahora, los colorantes naturales más conocidos son: verdes (procedentes de la clorofila), amarillos (obtenidos de la cúrcuma) o rojos (como el ácido carmínico procedente de insectos) (Caballero, 1995).

En la actualidad se ha dado mucha importancia a la producción de colorantes naturales por ser compuestos amigables con el ambiente. En cuanto a la producción industrial, hemos visto surgir en la última década, empresas dedicadas al cultivo de plantas tintóreas y extracción de colorantes orgánicos, cuyos procedimientos son ejemplares como modelo de sostenibilidad Francia, España, Holanda, México, Chile, Perú, El Salvador y Estados Unidos son algunos de los países donde ya se puede obtener colorantes orgánicos rojos, azules y amarillos con etiqueta de sostenibilidad, (Rojas, 2008).

La experiencia existente sobre la recuperación del uso de tintes orgánicos se ha centrado hasta ahora fundamentalmente en un sistema de producción artesano. Concretamente en Latinoamérica, donde la

tradición milenaria de la creación textil es reconocida como arte, pero desde mediados del siglo veinte se había abandonado el uso de los tintes tradicionales en favor de las anilinas.

Por ejemplo, en el Salvador, esfuerzos recientes en investigación y desarrollo de tecnología para la extracción de colorantes naturales, especialmente añil, para la industria textil demuestran que hay interés del micro-empresario por este campo, (IICA, 2010).

En la región interandina del Ecuador, por ejemplo la lista de plantas usadas para teñir puede resultar interminable. Uno de los colorantes naturales muy usado hasta esta época es el obtenido del fruto del nogal, que produce una amplia gama de tonos que van del café muy oscuro hasta el beige. El añil para teñir de azul, el Campeche para teñir la lana de negro, palo Brasil para el color rojo, la chilca para el color amarillo, la tara-espino o guarango para teñir de negro. Para teñir lana o algodón también están: Artemisia, Aliso, Papa, Achiote, Jagua, Lloque, Cardo santo, Mullaca, Chapichapi, Quisca, Huallhua, Chamana, entre otras, (Jaramillo, 1988).

1.2.2. Análisis crítico

EFFECTOS



CAUSAS

Árbol de Problemas
Elaborado por: Diana Guerrero

El mercado de los productos naturales ha establecido en las últimas décadas la aplicación de procedimientos amigables con el medio ambiente. (Guzmán *et al.*, 2002). Día a día vemos cómo crece la demanda de productos “naturales”. El campo de la tintorería no es ajeno a esta tendencia. En la última década se ha avanzado mucho no sólo en los planteamientos éticos para una producción sostenible de colorantes orgánicos, sino en la puesta en marcha de empresas, de diferentes dimensiones, dedicadas al cultivo, extracción y aplicación de este tipo de tintes, (Roquero, 2010).

Una de las frutas más conocidas es el aguacate, que tiene una voluminosa semilla donde, desde tiempos inmemorables, se obtiene un colorante que se emplea para teñir la ropa. (Lock, 1997).

Con esta investigación se pretende obtener un colorante natural ya que seguramente en los próximos años habrá una reducción considerable del uso de 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.

1.2.3. Prognosis

Este trabajo constituye una investigación aplicada, para el desarrollo de una producción más limpia. De no llevarse a cabo la presente investigación, la extracción de colorantes a partir de la semilla de aguacate no sería posible, provocando la obstrucción de la innovación tecnológica, lo que a su vez permitiría que se continúe utilizando colorantes artificiales, los mismos que son altamente contaminantes, además no se aprovecharía el residuo que genera esta fruta.

1.2.4. Formulación del problema

¿Es posible extraer un colorante natural de la pepa de aguacate para teñir fibras textiles como el algodón o poliéster?

1.2.5. Preguntas directrices

¿Cómo conseguir un colorante natural a partir de la pepa de aguacate?

¿Será factible la producción de este colorante en cantidades que satisfagan las necesidades de nuestro país?

¿El costo se reduce o se incrementa frente a los colorantes sintéticos?

1.2.6. Delimitación

Área: Investigación Aplicada

Sub-área: Tecnología

Sector: Textil

Sub-sector: Extracción de colorantes

Situación geográfica: Ambato

Espacial: Diciembre del 2010 – Mayo 2011

1.3. Justificación

Desde el año 1989, la industria textil fue catalogada entre las diez principales actividades generadoras de desechos tóxicos líquidos (EPA 1990) la mayoría de los cuales tienen como receptor final el medio acuífero. Dichos desechos tienen gran variabilidad de componentes y carga contaminante. Son fuertemente coloreados, deficientes en nutrientes y con una baja presencia de microorganismos. (Crespi, 1999) Estas aguas residuales son generalmente de naturaleza alcalina, con un elevado valor de demanda biológica de oxígeno (DBO) y de demanda química de oxígeno (DQO). Son vertidas a temperaturas elevadas y pueden llegar a presentar metales pesados (procesos de teñido y acabado), agentes surfactantes, humectantes y otras sustancias químicas complejas provenientes de diversos procesos. La generación de agua residual en una industria textil se estima entre 100 y 140 ml por cada

kilogramo de producto teñido disperso (poliéster) y entre 125 a 170 ml por kilogramo de producto coloreado (en forma directa o reactiva) de elevada toxicidad, algunos de los cuales, son sustancias carcinógenas y mutágenas. (Spadaro *et al.*, 1992)

Es por ello que la protección ambiental es uno de los mayores retos que enfrenta hoy el mundo. En todos los niveles, el medio ambiente se encuentra seriamente alterado, por lo que existe la necesidad imperiosa de establecer alternativas amigables con el entorno. En el caso de la extracción de colorantes naturales, ésta se constituye en una alternativa para la sustitución de los colorantes artificiales altamente contaminantes, la iniciativa de teñir con colorantes orgánicos es con el fin de recuperar las técnicas artesanales tradicionales, además se busca aprovechar el residuo que genera esta fruta.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

- Extraer el colorante de la pepa de aguacate para teñir fibras textiles como el algodón y poliéster.

1.4.2. Específicos

- Determinar el rendimiento del colorante obtenido.
- Determinar la concentración del colorante extraído mediante espectrofotometría.
- Establecer las mejores condiciones para la extracción eficiente del colorante.

- Aplicar el colorante obtenido sobre las fibras textiles de algodón y poliéster
- Evaluar el colorante mediante la prueba de solidez al lavado y determinar el agotamiento del baño residual.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes investigativos

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 recolectadas 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, (George *et al.*, 1997).

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, demostrando que mediante el método de saponificación en frío se obtienen resultados más altos, que el método de saponificación en caliente

En la sección de Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería USAC, en las líneas de investigación de Extractos vegetales de la Ing. Qca. Telma Maricela Cano Morales, se han realizado estudios de Extracción de Colorantes Naturales, (George *et al.*, 1997).

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 de 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.*) proveniente de un bosque silvestre guatemalteco, en donde se estudió 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 Quiñones 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, 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, (George *et al.*, 1997).

2.2. Fundamentación Filosófica

El perfil de investigación tiene un carácter científico técnico con clara disposición dialéctica en la que predomina el análisis, la síntesis, la inducción y deducción. El análisis porque permite desglosar las partes del tema investigativo y someterle al crisol de la ciencia. Es sintético por cuanto se abstrae el conocimiento para poder llegar a las generalizaciones, es inductivo porque vamos de lo particular a lo general en el proceso de investigación, y por último es deductivo por cuanto en algunas etapas de la investigación se ha iniciado de lo general a lo particular

2.3. Fundamentación Legal

La Norma Técnica Ecológica Mexicana, NTE-CCA-014/88, establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos de agua, provenientes de la industria textil, (Camacho, 1998).

ARTICULO 1o.- Se expide la norma técnica ecológica NTE-CCA-014/88, que establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales, provenientes de la industria textil.

ARTICULO 2o.- Esta norma técnica ecológica es de orden público e interés social, así como de observancia obligatoria para la industria textil, que descargue aguas residuales en ríos, cuencas, cauces, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua.

ARTICULO 3o.- Para los efectos de esta norma técnica ecológica se considerarán las definiciones contenidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, y las siguientes:

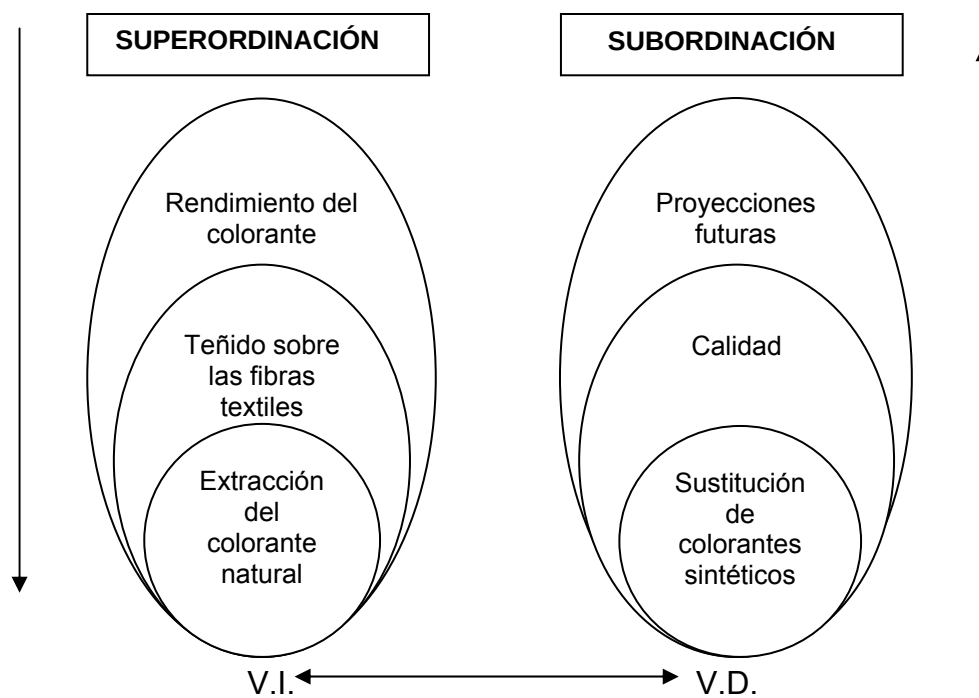
AGUAS RESIDUALES: Aquellas que provienen de los procesos de extracción, beneficio, transformación, generación de bienes de consumo o de sus actividades y servicios complementarios.

CUERPOS DE AGUA: Aquellos que se encuentran contenidos en ríos, cuencas, cauces, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua que puedan recibir descargas de aguas residuales.

DESCARGA: Acción de verter aguas residuales en algún cuerpo de agua.

2.4. Categorías fundamentales

CATEGORIZACIÓN DE VARIABLES



Elaborado por: Diana Guerrero

MARCO CONCEPTUAL

TINTES NATURALES

Los tintes naturales son sustancias obtenidas de diferentes partes de la plantas con cualidades de colorear o teñir, mediante diferentes procesos. Dentro de estos procesos está la maceración, la fermentación la cocción etc, (Flores *et al.*, 1990).

Los colorantes quedan detenidos en las sustancias que colorean (substrato) por la adsorción física, por retención mecánica, por formación de enlaces covalentes o de complejos como sales o metales, o bien por disolución.

Dentro de los colorantes se pueden diferenciar entre los pigmentos (que mantienen la estructura cristalina) y tintes (pierden la estructura cristalina cuando se disuelven o vaporizan)

La utilización de tintes naturales se ha llevado a cabo desde el hombre prehistórico, con el objetivo de embellecer y adornar diferentes artículos de uso corriente. Para ello, se aprovechó de un gran número de plantas con características tintóreas, donde se les extrajo sus propiedades de tinción y así se fueron creando nuevos colores y aumentando su conocimiento en esta ciencia, (Cordero, 2000).

La desaparición del conocimiento de la extracción de tintes y el arte de teñir, empezó a partir del siglo pasado, cuando los tintes naturales cedieron terreno a los sintéticos, debido a que estos últimos producen colores más llamativos y brillantes. Al fabricar nuevos matices sintéticamente, se ha hecho más científico el estudio de las materias colorantes, conduciendo a un mejor conocimiento y utilización de muchos tintes y a la síntesis de los mismos. Pero este desarrollo, además de llevar

al olvido las antiguas técnicas de extracción, ha creado problemas antes no conocidos por el hombre como toxicidad y contaminación. (Cordero, 2000)

Ante esta situación, ha nacido una creciente preocupación por preservar la ecología en nuestro planeta, y los tintes naturales han cobrado un renovado interés. Esto, porque al emplearse el uso de los tintes naturales, se está solucionando en gran parte el problema de la contaminación con efluentes tóxicos, proveniente del proceso involucrado en el teñido de fibras textiles, (Torres, 2007).

Plantas Tintóreas

Se consideran plantas tintóreas, todas aquellas especies que contienen algunas concentraciones de colorante en diferentes órganos, como raíces, tallos, hojas, flores y semillas, (Acuña *et al.*, 1990). Estos colorantes son producidos directamente por la actividad fisiológica de las plantas. Se hallan en mayor concentración en las vacuolas de las células vegetales, donde se asocian con otros elementos como aceites, resinas, taninos con carácter astringente y otros, (Cordero, 2000).

Distribución de los colorantes naturales

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, (Domínguez, 2002).

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, (Cordero, 2000).

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, (Cordero, 2000).

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, (Cordero, 2000).

Tabla N. 1. Clasificación de colorantes naturales según su composición química

Naturaleza química	Algunos ejemplos	Color predominante
Tetrapirrole	Ficobilinas Clorofila	Azul - verde Verde
Carotenoides	Carotenoides	Amarillo-anaranjado
Flavonoides	Flaonas Flavonales Chalconas Auronas Antocianinas	
Xantonas	Xantonas	Amarillo
Derivados indigoides	Naftoquinonas	Rojo-azul-verde
Pirimidinas sustituidas	Índigo Betalainas	Azul-rosado Amarillo-rojo
	Perinas Flavinas Fenoxanizinas Fenazinas	Blanco-amarillo Amarillo Amarillo-rojo Amarillo-purpura

Fuente: Domínguez, 2002

Agronomía de las plantas tintóreas

- Es necesario conocer los requerimientos edafoclimáticos de la especie.
- Hay que analizar previamente las posibilidades técnicas y las modalidades de cultivo.
- Evaluación de la economía de producción
- La agronomía debe estar sujeta a la potencialidad colorante

Potencialidad colorante

- Calidad y originalidad de estos al utilizarlos
- Estabilidad de los colores una vez aplicado
- La gama de colores que se pueden extraer de la especie.
- Diferencias respecto a los colorantes de síntesis

Modalidad de cultivo

Se refiere a la manera de cultivar

- Extensivo de secano o regadío
- Intensivo
- Ecológico
- Utilizando la lucha integrada

Técnicas de cultivo

- Estudio de propagación: es necesario partir de un materia vegetal con garantía
- Marco de plantación y requerimiento hídricos y nutricionales
- Control de malas hierbas
- Mecanización de la recolección
- Tratamiento post cosecha

Economía de la producción

Hay que hacer una valoración previa de la superficie de producción actual.

- Posibilidad de recolección silvestre
- Ver si se encuentra en el mercado y averiguar el precio y compra
- Evaluación de la productividad por unidad de superficie

Prueba piloto

- Ver la viabilidad del cultivo en diferentes condiciones de suelo y clima
- Conseguir la producción necesaria para los estudios de utilización industrial

- Delimitar las técnicas de cultivo que pueden constituir un factor limitante

EL AGUACATE

El Aguacate perteneciente a la familia de las Lauráceas, es un árbol frondoso y muy ramificado, cultivado en regiones tropicales y templadas. Originario de América intertropical, representó para los pueblos indígenas desde tiempos inmemoriales, un fruto delicioso muy apreciado con propiedades extraordinarias que van desde lo nutritivo, lo curativo, lo religioso hasta lo cosmetológico, (Villanueva *et al.*, 2007).

Por la alta diversidad de usos, tiene amplias oportunidades en los mercados internacionales, tanto en fresco como procesado en guacamole, puré, aceite o cosméticos. Cabe señalar que en la industrialización de estos productos se ocupa la parte comestible del aguacate, desechándose la cáscara y la semilla, la que representa de un 15 a 16 % del total del fruto, es predecible que se produzca una enorme cantidad de desechos orgánicos provenientes de la industrialización, los cuales están comenzando a ser motivo de estudios para evaluar su posible utilización, (Ramos *et al.*, 2007).

Dado que se tienen algunos antecedentes, de que tanto el carozo como la epidermis de la palta contienen algunos elementos que podrían ser aprovechables, y que los volúmenes que se manejan para la eliminación de estos desechos representa un costo para empresas de industrialización, además de producir una contaminación ambiental, es que resulta interesante recopilar la información que al respecto existe, a fin de evaluar, a futuro, la posible reutilización de estos desechos orgánicos del procesamiento de la palta, (Villanueva *et al.*, 2007).

Semilla del aguacate

El fruto del aguacate (*Persea americana* cv. Hass) contiene una semilla de la que se extrae un colorante, una antocianina, que sirve para teñir tejidos naturales y alimentos, (Lockhande *et al.*, 1999).

De acuerdo a Lock (1999), 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, cáprico y mirístico.

De la semilla de la palta, se obtiene un líquido lechoso con el olor y el sabor a almendra, el que debido a su contenido en tanino, se convierte en rojo al ser expuesto a la luz, lo que ha permitido proporcionar una tinta indeleble de color rojo-marrón o negruzco, que ha sido utilizada para marcar el algodón y el lino textil. Esto constituyó una tintura para la escritura y además una forma de marcar que fue muy usada en la época de la conquista española, (Morton, 1987).

Se han realizado estudios científicos sobre las semillas de *Persea americana* Mill, para determinar sus propiedades de teñido, lo que se ha probado mediante el uso de diferentes disolventes en la extracción de la tintura, cuyo tinte se puede aplicar a materiales de tejido. Para la extracción del colorante se definió que el agua destilada y el hidróxido de sodio, corresponden a los mejores solventes en la extracción de tintura, ya que exhiben resultados satisfactorios en términos del oscurecimiento del color de los extractos y de su solubilidad en el agua, (Tayag, 1995).

El colorante se puede utilizar como tinte en telas y fibras vegetales, lo que depende de la afinidad química o complemento que exista entre las

moléculas, por lo cual se necesita hacer pruebas utilizando otros mordientes como bicarbonato, ácido cítrico, ceniza, etc. Los mismos autores trabajaron con carozo de paltas y encontraron que la extracción de las tinturas daba como resultado que la coloración era de matices más suaves y tenues. Sin embargo también determinaron que para el caso de la palta, la coloración se transformaba en más considerable y vistosa en la medida que la fruta, de la cual se extraía el carozo, estaba más madura.

Otros aspectos relevantes del estudio, fue la fijación de estos colorantes, la que resultó ser de buena calidad, ya que no presentó variación en sus tonalidades luego de ser lavadas posterior al proceso de tintura y secado, (Pino *et al.*, 2007).

ANTOCIANINAS

Las antocianinas representan el grupo más importante de pigmentos hidrosolubles detectables en la región visible por el ojo humano (Strack y Wray, 1994). Estos pigmentos son responsables de la gama de colores que abarcan desde el rojo hasta el azul en varias frutas, vegetales y cereales, y se encuentran acumulados en las vacuolas de la célula (Wagner, 1982). Las antocianinas poseen diferentes funciones en la planta como son la atracción de polinizadores para la posterior dispersión de semillas y la protección de la planta contra los efectos de la radiación ultravioleta y contra la contaminación viral y microbiana.

El interés por los pigmentos antociánicos y su investigación científica se ha incrementado en los últimos años, debido no solamente al color que confieren a los productos que las contienen sino a su probable papel en la reducción de las enfermedades coronarias, cáncer, diabetes; a sus efectos antiinflamatorios y mejoramiento de la agudeza visual y comportamiento cognitivo. Por lo tanto, además de su papel funcional como colorantes, las antocianinas son agentes potenciales en la

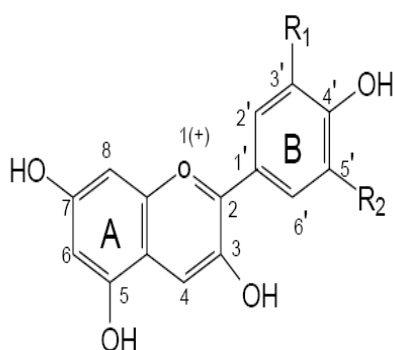
obtención de productos con valor agregado para el consumo humano. A pesar de las ventajas que ofrecen las antocianinas como sustitutos potenciales de los colorantes artificiales, factores como su baja estabilidad y la falta de disponibilidad de material vegetal limitan su aplicación comercial, (Wrolstad *et al.*, 2000).

Las antocianinas se localizan principalmente en la piel de las frutas como manzanas, peras, uvas, zarzamoras, ciruelas, de flores como la Jamaica, rosas y verduras como la col morada y cebolla morada. La diferencia de color entre las frutas, flores y verduras dependen de la naturaleza y concentración de antocianinas. Existen factores adicionales que afectan el color como el pH de la célula, el efecto de la copigmentación determinado por la presencia de otros flavonoides, temperatura, luz, etc, (Gross, 1987).

Estructura de las antocianinas y color

Las antocianinas son glucósidos de antocianidinas, pertenecientes a la familia de los flavonoides, compuestos por dos anillos aromáticos A y B unidos por una cadena de 3 C.

Variaciones estructurales del anillo B resultan en seis antocianidinas conocidas (Fig. 1).



Aglicona	Substitución		$\lambda_{\max}$ (nm)
	R1	R2	espectro visible
Pelargonidina	H	H	494 (naranja)
Cianidina	OH	H	506 (naranja-rojo)
Delfinidina	OH	OH	508 (azul-rojo)
Peonidina	OCH3	H	506 (naranja-rojo)
Petunidina	OCH3	OH	508 (azul-rojo)
Malvidina	OCH3	OCH3	510 (azul-rojo)

Figura 1. Estructura y sustituyentes de las antocianinas, (Durst *et al.*, 2001).

El color de las antocianinas depende del número y orientación de los grupos hidroxilo y metoxilo de la molécula. Incrementos en la hidroxilación producen desplazamientos hacia tonalidades azules mientras que incrementos en las metoxilaciones producen coloraciones rojas.

En la naturaleza, las antocianinas siempre presentan sustituciones glicosídicas en las posiciones 3 y/o 5 con mono, di o trisacáridos que incrementan su solubilidad. Dentro de los sacáridos glicosilantes se encuentran la glucosa, galactosa, xilosa, ramnosa, arabinosa, rutinosa, soforosa, sambubiosa y gentobiosa. Otra posible variación en la estructura es la acilación de los residuos de azúcares de la molécula con ácidos orgánicos. Los ácidos orgánicos pueden ser alifáticos, tales como: malónico, acético, málico, succínico u oxálico; o aromáticos: p-coumárico, cafeico, ferúlico, sinápico, gálico, o p-hidroxibenzoico, (Stintzing *et al.*,) (2002), demostraron que el tipo de sustitución glicosídica y de acilación producen efectos en el tono de las antocianinas; es así como sustituciones glicosídicas en la posición 5 al igual que acilaciones aromáticas, producen un desplazamiento hacia las tonalidades púrpura.

Biosíntesis de las antocianinas

Los precursores de las antocianinas son bien conocidos (Springob *et al.*, 2003). Se ha establecido experimentalmente que al anillo A de las antocianinas se sintetiza por la ruta del ácido malónico con la condensación de tres moléculas de malonil-CoA, mientras que el anillo B se sintetiza por la ruta de ácido shikímico. El ácido shikímico da paso a la fenilalanina que por acción de una fenilalanina amonio liasa (PAL), y después de una pérdida de NH₃ se convierte en ácido p-coumárico. El p-coumaril-CoA luego participa en una reacción de condensación con las tres moléculas de malonil-CoA para formar una chalcona de 15 C, reacción propiciada por una chalcona sintetasa. Este compuesto intermedio de 15 C es transformado en una flavanona en una reacción

catalizada por una chalcona isomerasa. Finalmente, la flavanona es transformada en la correspondiente antocianidina por una reacción de hidroxilación en el carbono 3 seguida por una deshidratación (Fig. 2). La molécula de antocianidina se estabiliza por glicosilación del heterociclo; reacción en la que interviene una glicosil transferasa y posterior posibles reacciones de metilación de los hidroxilos seguidas de acilaciones.

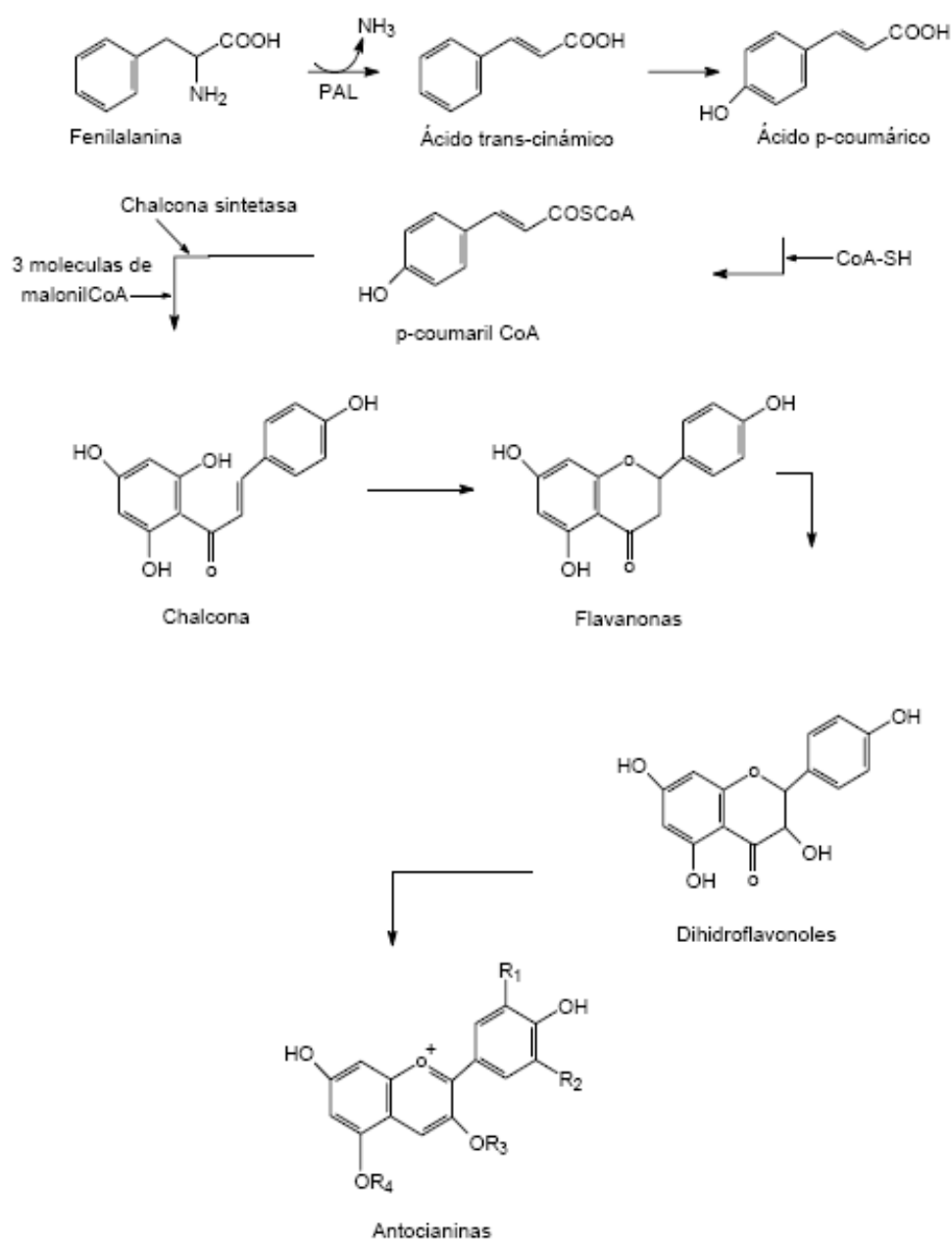


Figura 2. Ruta general de biosíntesis de las antocianinas (Vargas, 2000).

Factores químicos que determinan el color y la estabilidad de las antocianinas

A pesar de las ventajas que las antocianinas ofrecen como posibles sustitutos de los colorantes artificiales, su incorporación a matrices alimenticias o productos farmacéuticos, cosméticos, textiles son limitadas debido a su baja estabilidad durante el procesamiento y el almacenamiento, (Wrolstad *et al.*, 2000).

. Factores como su misma estructura química, pH, concentración, temperatura, presencia de oxígeno y ácido ascórbico, y actividad de agua de la matriz determinan la estabilidad del pigmento.

Efecto del pH.

El pH tiene efecto en la estructura y la estabilidad de las antocianinas (Fig. 3). La acidez tiene un efecto protector sobre la molécula. En soluciones acuosas a valores de pH inferiores a dos, básicamente 100% del pigmento se encuentra en su forma más estable o de ión oxonio o catión flavilio (AH^+) de color rojo intenso. A valores de pH más altos ocurre una pérdida del protón y adición de agua en la posición 2, dando lugar a un equilibrio entre la pseudobase carbinol o hemicetal (B) y la forma chalcona (C), o de cadena abierta. Tanto el hemicetal como la chalcona, son formas incoloras y bastante inestables. A valores de pH superiores a siete se presentan las formas quinoidales (A, A-) de color púrpura que se degradan rápidamente por oxidación con el aire (Hutchings, 1999).

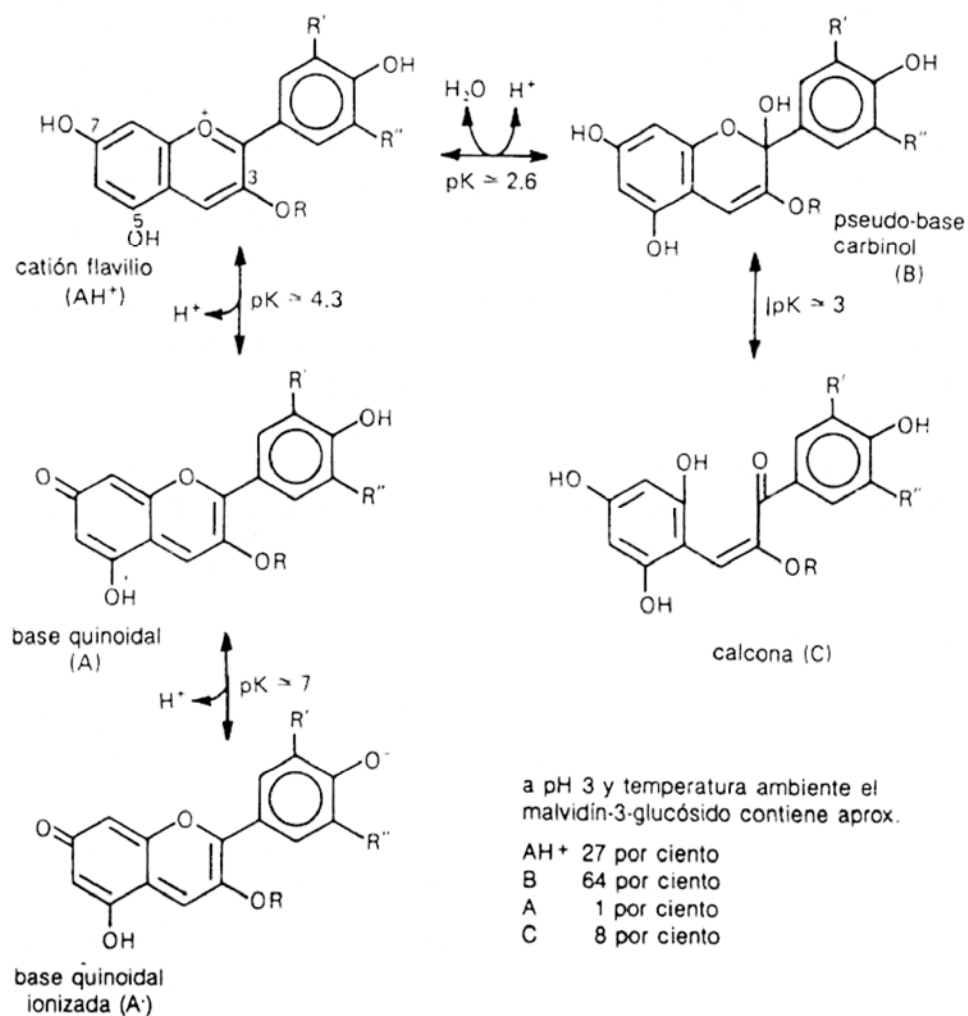


Figura 3. Estructura de las antocianinas a diferentes valores de pH (Coultate, 1984).

Efecto de la temperatura.

Incrementos de temperatura resultan en pérdida del azúcar glicosilante en la posición 3 de la molécula y apertura de anillo con la consecuente producción de chalconas incoloras (Timberlake, 1980).

Efecto del oxígeno y el ácido ascórbico.

El efecto degradativo del oxígeno y el ácido ascórbico sobre la estabilidad de las antocianinas está relacionado, (Sondheimer *et al.*,

1953), reportaron que las condiciones que favorecen la oxidación aeróbica del ácido ascórbico en jugo de fresa y en sistemas modelo que contenían pelargonidina 3-glucósido proveniente de la fresa causaban grandes pérdidas de antocianinas, pero cuando el oxígeno era excluido del sistema no se observaba deterioro del color. De igual manera, (Markakis *et al.*, 1957), reportaron un efecto sinérgico entre el ácido ascórbico y el oxígeno sobre la degradación de la pelargonidina 3-glucósido en solución. En investigaciones más recientes, Garzón y Wrolstad, 2002, confirmaron la aceleración de la destrucción de antocianinas de fresa cuando el ácido ascórbico está presente tanto en sistemas naturales como en sistemas modelo. El efecto del ácido ascórbico sobre la estabilidad de las antocianinas ha sido explicado por Jurd, (1972), y Poei-Langston, (1981), como una posible reacción de condensación entre el ácido y los pigmentos.

Otros factores.

La concentración del pigmento y la actividad de agua de la matriz afectan la estabilidad del color. (Garzón y Wrolstad, 2002), compararon la estabilidad de la antocianina de fresa (pelargonidina 3-glucósido) con la de la antocianina de la cáscara de rábano (pelargonidina 3-soforósido 5-glucósido acilada con ácidos aromáticos y alifáticos) y encontraron que dicha estabilidad era independiente de la estructura, a una misma concentración de pigmento, (Hoshino *et al.*, 1982), demostraron que cuando la concentración de antocianinas alcanza valores altos, se presentan fenómenos de autoasociación entre dos cationes flavilio, dos formas hemiacetal, dos bases quinoidales, e inclusive, entre una base quinoidal y un catión flavilio y protegiendo la molécula de antocianina. Por otro lado, incrementos en la actividad de agua del medio causan degradación de las antocianinas probablemente debido a una mayor interacción entre el agua y el catión flavilio para formar la pseudobase inestable, (Garzón y Wrolstad, 2001; Olaya *et al.*, 2008).

ESPECTROFOTOMETRÍA

FUNDAMENTO

Un método espectrofotométrico está basado en la medida directa de la absorción de radiación electromagnética por parte de una muestra, cuantificable a través de la absorbancia, y la correlación de esta variable con la concentración de la especie de interés en dicha muestra.

Todo analito molecular tiene la capacidad de absorber ciertas longitudes de onda características de la radiación electromagnética. En este proceso, la radiación es transferida temporalmente a la molécula y, como consecuencia, disminuye la intensidad de la radiación. Dicha disminución, debida a la absorción experimentada por el analito, puede ser cuantificada utilizando diversas magnitudes, siendo la absorbancia A , la más comúnmente utilizada en la espectrofotometría de UV-VIS. Dicha absorbancia se define por la expresión:

$$A = \log \frac{P_0}{P}$$

Donde A es la Absorbancia,

P_0 la potencia del haz de radiación incidente y

P la potencia de dicho haz tras atravesar la muestra.

Ley de Beer

De acuerdo con la ley de Beer, la absorbancia está relacionada linealmente con la concentración de la especie absorbente, c , y con la longitud de la trayectoria de la radiación en el medio absorbente o camino óptico, b . Esto es:

$$A = \log \frac{P_0}{P} = abc$$

Donde: a es una constante de proporcionalidad llamada absorptividad. Cuando la concentración c se expresa en moles por litro, y b en centímetros, la constante de proporcionalidad se denomina absorptividad molar, y se designa por el símbolo ε , y, puesto que la absorbancia es una magnitud adimensional, tendrá unidades de $\text{l cm}^{-1} \text{mol}^{-1}$ (Skoog, 1994). En este caso, la ley de Beer adquiere la forma:

$$A = \varepsilon * b * c$$

Agotamiento

Es la medida de la cantidad de colorante que es absorbida por la tela durante el proceso de tintura. Se mide el baño resultante, no en la tela. A través del espectrofotómetro se obtiene la absorbancia de la muestra, y con esto se calcula la concentración de la misma, así como la curva de calibración. Conociendo este dato y la concentración de la misma, se puede calcular el agotamiento

$$\text{Agotamiento} = \frac{C_i - C_f}{C_i} * 100$$

Absorbancia

Es la cantidad de luz que es absorbida por la muestra. Una solución diluida de un colorante tiene una característica de espectro de absorción en la región visible (400-700 nm) del espectro electromagnético y la posición y forma de ésta determina el color de la solución. La intensidad de absorción cambia con la concentración del colorante y la longitud de la solución a través del cual la luz pasa.

La mayor parte de los trabajos analíticos se realizan con soluciones, por ello se muestra la relación que existe entre la concentración de la solución y su capacidad de absorber radiación.

La absorbancia es dimensional. Obtenida la absorbancia de la muestra, es posible hallar la concentración de la especie de interés. Generalmente la concentración se obtiene por interpolación de la absorbancia en graficas de Absorbancia vs. Concentración, o curvas de calibración, que permiten obtener una relación lineal.

POLIÉSTER

La fibra de poliéster se compone de macromoléculas lineales caracterizadas por funciones éster múltiples. La producción de la fibra de poliéster está basada en la condensación de un ácido dicarboxílico y de un dialcohol (glicol). Como ácido se puede utilizar el ácido tereftálico, el ácido isoftálico y el ácido adípico, como glicol se utiliza el etilenglicol, butilenglicol y otros glicoles también son adecuados. Por polimerización se obtiene una fibra como se indica en la siguiente figura 4. (BUCHHOLZ, Steven, 1986)

Obtención de la fibra de poliéster por polimerización

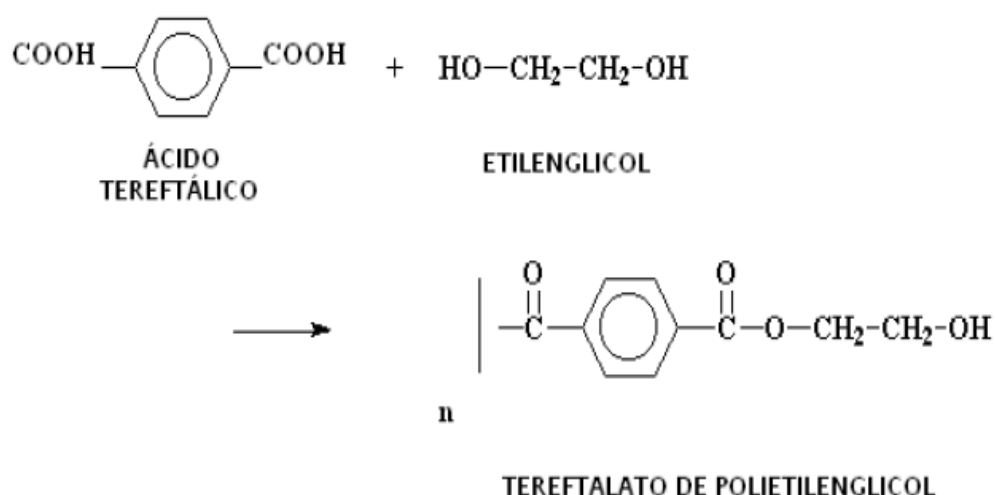


Figura 4. Fuente: Steven Buvholz, tintura de fibras de poliéster, pag 97

ALGODÓN

El algodón es una fibra que procede de las semillas del algodonero llamado *Gossypium*. La semilla brota unos días después de la siembra y la floración se presenta después de unos tres meses. La flor se desprende y el capullo empieza a crecer. Este adquiere su tamaño definitivo en unas tres semanas y se abre alrededor de cincuenta días después de su floración. Dentro del capullo se encuentran las semillas, y se desarrollan las fibras antes de que se abran. De la semilla emergen fibras largas, en tanto que otras más cortas (3 mm) la recubren a modo de vello. La celulosa es un polisacárido de fórmula empírica $C_6H_{10}O$ y constituye el componente principal de la membrana celular de la mayor parte de las plantas. No se encuentra nunca en estado puro pero en el algodón alcanza un 90% en peso, siendo esta fibra la fuente más pura de la celulosa, (Gacen, 1991).

PROCESO DE TINTURA TEXTIL

En la industria textil, la tintura es aquel proceso durante el cual una materia textil puesta en contacto con la solución o dispersión de un colorante, absorbe a este de tal forma que el cuerpo teñido tiene alguna resistencia a devolver la materia colorante del baño del cual la absorbió, tal resistencia a devolver el colorante es una consecuencia de la energía de su unión, dependiendo a su vez de las relaciones existentes entre las estructuras moleculares de dichos cuerpos y de la forma como se ha efectuado la tintura.

La manera convencional de realizar la tintura es por agotamiento, el colorante es absorbido por la materia, quedando fijado sobre la misma. Se coloca la tela en el baño, en el baño inicial se disuelve los colorantes sustancias químicas como electrolito (deja que el colorante se acerque a la fibra), fijador, dispersante, humectante. Generalmente se utiliza este

tipo de tintura en el poliéster, algodón, lino, lana, hilos. Durante el proceso se mantiene constante la temperatura y presión, (Gacen, 1991).

Las fuerzas que fijan las moléculas del colorante a las fibras del textil son muy complejas, El proceso consiste en tres etapas:

1. Migración del colorante de la solución a la interfase, acompañado por la absorción en la superficie de la fibra
2. Difusión del colorante de la superficie hacia el centro de la fibra
3. Fijado de las moléculas del colorante por medio de enlaces covalentes u otras fuerzas de naturaleza física.

Evaluación para la tela teñida.

En vista de que se aplican colorantes a fibras de toda clase, como lana, algodón, rayón, acetato y a otras fibras, las cuales tienen diferentes propiedades, es necesaria que la firmeza de los colores contra agentes destructores sea valorada en términos cuantitativos, por medio de métodos que tengan aceptación común en la industria.

Los agentes destructores naturales son la luz y los agentes atmosféricos entre ellos el oxígeno y otros gases de la atmósfera que decoloran o destruyen ciertos colorantes. Además de los agentes naturales, hay muchos tratamientos químicos y de acabado que se aplican a los textiles, para su transformación en húmedo, que pueden variar en mayor o menor grado la firmeza de los colores.

Son ejemplos de esta clase: los agentes blanqueadores, oxidantes y reductores. Los acabados con resinas y muchos otros tratamientos. Debido a que los colorantes son compuestos orgánicos y por consiguiente, susceptibles en mayor o menor grado a la acción de agentes destructores

2.5 Hipótesis

2.5.1. Hipótesis alternativa (Ha): Los parámetros como el estado de la semilla, y tipo de solvente, influyen en el rendimiento y concentración del colorante.

2.5.2 Hipótesis Nula (Ho): Los parámetros como el estado de la semilla, y tipo de solvente, no influyen en el rendimiento y concentración del colorante.

2.6 Señalamiento de variables

Las variables independientes del presente proyecto son: el estado de la semilla, y tipo de solvente.

Las variables dependientes de la investigación son: el rendimiento y la concentración del colorante extraído.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Enfoque

El presente proyecto de investigación se inclina hacia un enfoque cuantitativo debido a que se obtendrán datos como en este caso el rendimiento de la extracción del colorante, y concentración de la misma.

3.2 Modalidad básica de la investigación

En este estudio las modalidades de investigación en las que se enmarca la presente investigación serán; Experimental y Bibliográfica, permitiendo desarrollar un colorante a nivel de laboratorio, estableciendo las mejores condiciones de extracción del colorante mediante la práctica y la recopilación de información bibliográfica

3.3. Nivel o tipo de investigación

El perfil de Investigación tiene los siguientes niveles: exploratorio, descriptivo. Es exploratorio porque permite desarrollar un tema nuevo o poco conocido, es descriptivo porque desarrolla ampliamente criterios y contenidos.

3.4. Procesamiento y análisis

Este trabajo consta de dos partes: primero la extracción del colorante, y la segunda parte es el teñido de las fibras textiles como el algodón y poliéster

Materiales y reactivos

Materiales

- Balanza de precisión METTLER.
- Espectrofotómetro Cannon.
- Termómetro (-10 °C-100 °C).
- Probetas (10 -100 ml).
- Embudo de vidrio.
- Varilla de agitación.
- Matraz.
- Lunas reloj.
- Balones.
- Piscetas.
- Tapones.
- Estufa (MEMMENT 80 °C).
- Cocina eléctrica.
- Mortero y pistilo

Reactivos

- Agua destilada
- Etanol
- Hidróxido de sodio
- Auxiliares textiles (Humectante, fijador, dispersante)

3.4.1. Proceso de obtención del extracto tintóreo de la pepa de aguacate

3.4.1.1. Obtención de la materia prima

El presente trabajo se realizó con la semilla de aguacate ya que es una fruta que tiene un volumen grande, y fue recopilado desde hace tres meses para obtener la semilla seca

3.4.1.2. Lavado de las semillas

La limpieza tiene como objetivo, eliminar en su totalidad las impurezas que acompañan a las semillas del aguacate; el lavado se hizo manualmente retirando los restos de aguacate que pudieran afectar de alguna forma el proceso, este lavado se realizó con agua de la llave.

3.4.1.2. Reducción de tamaño

Utilizando un rallador metálico (aproximadamente 0,1 de diámetro) casero se procedió a rallar la materia prima para minimizar la masa y así aumentar la superficie para una buena extracción.

3.4.1.3 Machacado de la ralladura

Se coloca la ralladura de las semillas en un mortero y se procedió a machacarlo, hasta obtener una masa pastosa, esta masa está lista para la extracción.

3.4.1.4 Preparación del solvente

La concentración de la solución a preparada fue 10g/l. Se pesó en la balanza (METTLER LP 1/6 PM 480 DELTA RANGE) 2 g de Na OH, se

diluyó en un matraz con aproximadamente 20 ml de agua destilada para luego aforarlo en un balón de 200 ml.

De igual manera se procedió a preparar la solución de etanol. Se colocó 20 ml de etanol y 180 ml de agua destilada. (Concentración al 20%)

3.4.1.5 Extracción del colorante:

Es la parte fundamental del proceso en la que se realiza la extracción del colorante de la semilla.

La relación materia prima seca/solvente es 1:10

En un balón de 500 ml se colocó 20 g de semilla molida junto con la solución de Na OH (200 ml), y se calentó durante 1 hora.

3.4.1.6 Filtración

Luego de calentar la solución, ésta quedó muy espesa con presencia de parte sólida. Entonces con la ayuda de una tela con porosidad mínima se filtró y de esta manera se eliminaron los sólidos.

3.4.1.7 Destilación:

Luego de filtrar la solución se redujo la humedad, es decir se eliminó el agua de la solución; para esto se realizó una destilación simple durante 3 horas.

3.4.1.8 Secado

Como ya se obtuvo la masa pastosa, entonces ya estaba lista para secarla, se colocó la masa en lunas reloj y luego se trasladó a una estufa

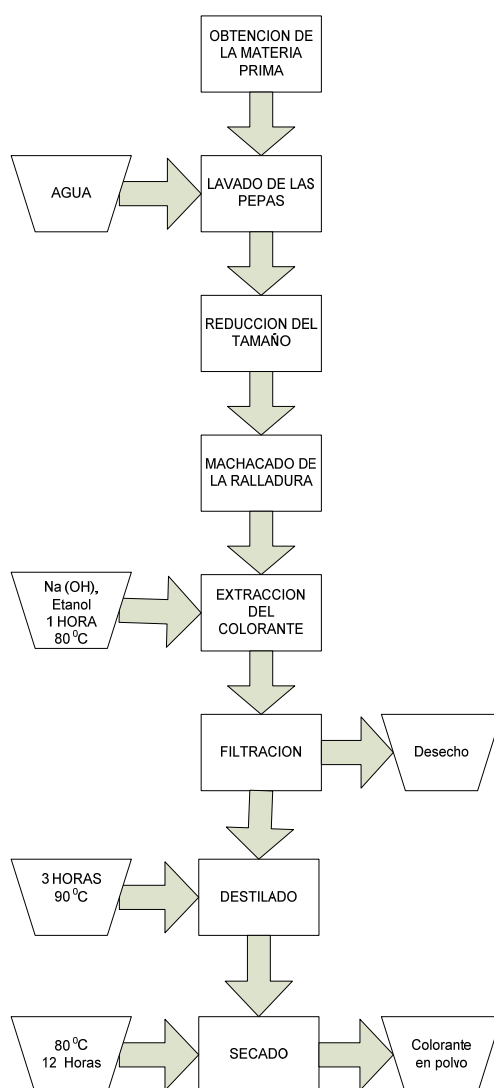
(MEMMENT 80 °C MADE IN GERMANY, 60 HZ) a una temperatura de 80 °C por un tiempo de 12 horas.

Después de ese tiempo se machacó el producto obtenido, con la ayuda del mortero y pistilo, para obtener el producto en polvo. Y se procedió a pesar.

El rendimiento obtenido del método de extracción se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{masa del colorante obtenido}}{\text{masa inicial de la pepa molida}} * 100$$

Diagrama de flujo del proceso de extracción del colorante



3.4.2 Análisis espectrofotométrico

Para el análisis espectrofotométrico se preparó las soluciones, se pesó 0,025 g de cada tratamiento en 15 ml de agua, (concentración 600 ppm) Se tomo lectura en el espectrofotómetro a 530 nm. Mediante la siguiente formula se calculó la concentración del colorante extraído.

$$A = \varepsilon * b * c$$

Donde

A: Absorbancia

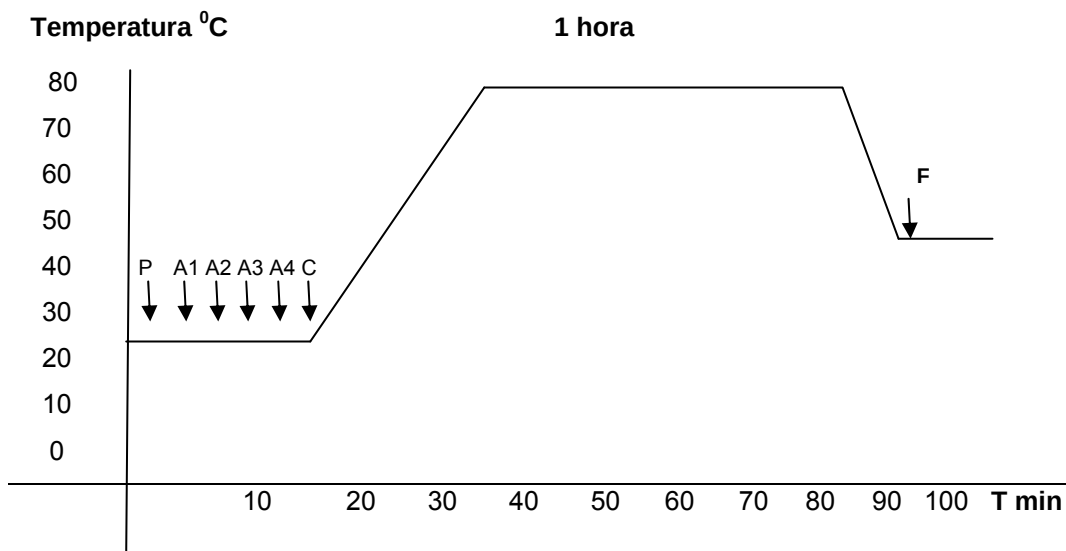
ε : Absortividad molar ($7,47 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^{-1} \text{ ppm}$) dato bibliográfico

b: 1 cm^{-1}

c: concentración (ppm)

3.4.3 TEÑIDO DE LAS FIBRAS

Curva para el teñido de las fibras



Definiciones de términos:

Relación baño: Proporción de volumen de baño (agua) en litros a peso de material a teñir (prendas) en kg. Ejemplo: Una relación de baño 1:20 significa por cada kg de prendas secas se necesitan 20 lt de agua

% Colorante. Peso de colorante a utilizar con respecto al peso total de las prendas a teñir. Ejemplo si se va a teñir 6 kg de prendas con un colorante al 2% esto significa que se necesitan $6000 * 0,02 = 120$ g. de colorante.

g/l: g de auxiliar por cada l de agua

A1, A2,...An: Especificación de auxiliares a utilizar en el proceso

A1: Sal

A2: Humectante (ANDERSOFT SQ)

A3: Antiquiebre (PAT-LUB JL-75 BASE)

A4: Dispersante (DISPERSANT 2050 CONC)

P: Carga de la prenda a la máquina

C↓ Adición del colorante

Fijador: Ácido Acético

Preparación de las soluciones y el material.

Se cortó y se pesó en la balanza cuadros de aproximadamente 20*20 cm, de tejido de algodón y poliéster, este peso fue de aproximadamente 10 g de cada uno.

Para obtener los gramos necesarios de colorante se utilizó la siguiente fórmula:

$$g \text{ de colorante} = \frac{\text{peso de la fibra} * \text{porcentaje del colorante}}{100}$$

Como el peso de la tela fue de 10 g aproximadamente, se aplicó al 3 % de colorante sobre el peso de la fibra, con lo cual colocamos 0,3 g de colorante.

La relación baño fue 1: 20 es decir como obtuvimos 10 g de tela el volumen de agua fue 200 ml

Para lograr con éxito la tintura, fue necesario añadir ciertas sustancias que mejoran las características del mismo.

$$g \text{ de auxiliar} = \frac{1 * \text{ml totales del baño}}{1000}$$

Proceso de teñido:

Se calentó el baño a 25 °C y se agregaron los auxiliares textiles como: sal, humectante, antiqiebre, y dispersante, se dejó circular durante diez minutos, luego se añadió el colorante y se subió la temperatura gradualmente con un gradiente de 1°C por minuto hasta llegar a los 80°C a esta temperatura se mantiene durante 1 hora, se bajó la temperatura a 40°C y se añadió 1 ml de ácido acético (concentración 10%), se dejó circular durante 10 minutos más, luego se lavó y se puso a secar la tela.

Agotamiento del baño

Preparación de la curva

Se pesó en la balanza 1 g de colorante y se combinó con 1000 ml de agua destilada, a partir de estas soluciones, se preparó diferentes concentraciones para construir la grafica, se prepararon para a 50 ml. Las

concentraciones utilizadas fueron 0.0125, 0.025, 0.05, 0.1, 0.2 g/l para hacer la conversión a mililitros se utilizó la expresión:

$$50ml * \frac{\text{concentracion } (\frac{g}{l})}{1000 \text{ ml}} * \frac{1000ml}{1g}$$

Concentración g/l	Concentración ml
0,0125	0,625
0,025	1,25
0,05	2,5
0,1	5
0,2	10

Se pipeteó en cada uno de los matraces de 50 ml la concentración calculada y se completó con agua destilada los 50 mililitros

Para trazar las curvas de calibración, se midió en el espectrofotómetro la absorbancia de cada solución preparada. Las sustancias base son las soluciones preparadas.

La grafica de las curvas se trazó con las absorbancias en el eje x y las concentraciones en el eje y. por medio de la regresión se ajustaron los puntos de la grafica para conocer la constante y la pendiente y así calcular las concentraciones finales de los baños resultantes de la tintura. La ecuación resultante para el cálculo de las concentraciones finales de las muestras de teñido es:

$$Y = mx + b$$

Y= Concentración

x= absorbancia

Prueba de solidez

Se utilizó la tela de algodón y se realizó lo siguiente; se comparó con un colorante comercial directo (Brown HE4R), este colorante en la escala AATCC tiene un valor de 7 es decir tiene una solidez al lavado muy buena, la tintura con el colorante comercial se procedió a realizar en las mismas condiciones del teñido como el colorante natural, el ensayo consistió en lavar las muestras con una solución de agua con jabón a 60⁰C, se colocó una muestra textil blanca, la muestra se evaluó para la transferencia de color al material testigo.

Para evaluar la migración de color a o grado de desmanche se utiliza la escala de grises AATCC (American Association of Textil Chemists and Colorists), esta plantilla es una escala de colores de alto costo comercial y solo es vendida a empresas.

La escala de solidez generalmente utilizada, es la siguiente:

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

3.5 Población y muestra

3.5.1. Diseño experimental

Tabla N.2. Factores de estudio

FACTORES	NIVELES	
A. Tipo de solvente	a ₀	Hidróxido de sodio
	a ₁	Etanol
B. Estado de la semilla	b ₀	Fresca
	b ₁	Seca

Elaborado por: Diana Guerrero.

3.5.2. Tratamientos

Tabla N.3. Tratamiento de estudio

N ⁰	Codificación	Tipo de solvente	Estado de la semilla
1	a ₀ b ₀	Hidróxido de sodio	Fresca
2	a ₀ b ₁	Hidróxido de sodio	Seca
3	a ₁ b ₀	Etanol	Fresca
4	a ₁ b ₁	Etanol	Seca

Elaborado por: Diana Guerrero.

3.6 Operacionalización de variables

Variables Independientes: Tipo de solvente y Estado de maduración de la semilla.

Tabla N.4. Operacionalización de la variable independiente

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ITEM BÁSICO	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Extracción de un colorante natural para fibras textiles	Colorante natural	Tiempo de la maduración Tipo de de solvente	¿El tiempo de maduración y tipo de solvente afecta el rendimiento de extracción?	Equipo de destilación Secador Estufa

Elaborado por: Diana Guerrero

Variables dependientes: Rendimiento, concentración

Tabla N.5. Operacionalización de la variable dependiente

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ITEM BÁSICO	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Uso de colorantes naturales para fibras textiles	Colorante natural	rendimiento de extracción concentración del colorante	La relación peso final y peso inicial determinara el rendimiento del producto	Balanza

Elaborado por: Diana Guerrero

3.7. Recolección de información

Se aplicó un diseño experimental $A \times B$ para el análisis de varianza, con 3 réplicas, dando como resultado 4 tratamientos y 12 muestras.

3.8. Procesamiento y análisis

El procesamiento de la información obtenida en la fase experimental de la investigación, se lo realizó en base a un estudio estadístico con la ayuda del programa STATGRAPHICS.

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En la naturaleza se puede encontrar múltiples fuentes de colorantes, capaces de generar una amplia variedad de matices, un gran porcentaje de estas fuentes proviene de la agricultura (material de desecho) como son las semillas, cascaras, hojas, etc., a estos materiales se les podría agregar un valor mediante su transformación industrial. Este trabajo busca dar nuevas alternativas amigables con el medio ambiente, contribuyendo al aprovechamiento de una biomasa, hasta ahora desechada añadiéndole algún valor agregado, además de extraer un colorante natural que no altere el equilibrio del medio ambiente, para esto se procedió a la extracción, análisis y la evaluación del colorante extraído para la aplicación en las fibras textiles. A partir de la semilla del aguacate se pudo extraer un colorante natural, que es una antocianina, mediante el empleo de un equipo de destilación simple, utilizando como solventes: hidróxido de sodio y etanol, y una vez procesado este extracto se obtuvo un producto en polvo. Este colorante puede usarse para darle color a las fibras de algodón usando auxiliares textiles para una mejor penetración y fijación del colorante.

El análisis de varianza para el rendimiento se reportan en la tabla B-1.

La interacción A*B indican que no existe diferencia estadística significativa con un α : 0,05 de confianza. Sin embargo, por otro lado, al analizar los factores principales de manera individual se encuentra que para el factor de estudio: tipo de solvente si presenta diferencia significativa con un α : 0,05 de confianza, lo cual denota que al modificar el tipo de solvente varía

notablemente el rendimiento de la extracción del colorante, Mientras tanto para el factor de estudio: estado de la semilla no presenta diferencia significativa con un α : 0,05 de confianza, en donde se puede concluir que al modificar el estado de la semilla no modifica el rendimiento de extracción.

Al analizar los datos obtenidos se establece la necesidad de buscar un mejor rendimiento esto significa obtener mayor obtención de colorante y la prueba de Tukey señala que los niveles óptimos para obtener un mayor rendimiento será utilizando el hidróxido de sodio.

Cabe señalar que un buen rendimiento estará afectado por la naturaleza del solvente y dependerá de muchos factores como poder ionizante del solvente, de su polaridad, fuerzas de unión u otros factores físicos químicos.

El análisis de varianza para la concentración se reportan en la tabla B-2

En el análisis de varianza se observa que la interacción doble A*B, si existe diferencia estadística con un α : 0,05 de confianza. Además, los factores de estudio de manera individual: tipo de solvente y estado de la semilla también presentan diferencia estadística significativa, cuando se modifiquen los niveles de dichos factores. Al realizar la prueba de Tukey el mejor tratamiento del factor A es a_0 que corresponde al hidróxido de sodio y para el factor B es b_1 es decir la semilla seca.

A media que la semilla se seca sufre cambios bioquímicos que dan lugar a las modificaciones en la composición de ciertos compuestos, en este caso la concentración de antocianinas aumenta.

Se aplicó el colorante sobre las telas utilizando el procedimiento de tintura por agotamiento, en este proceso las fuerzas de afinidad entre el colorante y fibra, hace que el colorante pase del baño a la fibra hasta

saturarla y quedar fijada en él, la relación baño que se utilizó fue 1:20, es decir la tela peso 10 g y se colocó 200 ml de agua, se utilizó el 2% de colorante en relación de la tela, y se utilizaron auxiliares textiles, estas sustancias se agregan al baño de tintura para mejorarla, pueden ayudar a la transferencia del colorante al baño, mejorar la igualación, dispersión, penetración etc. Los resultados obtenidos, aplicando el colorante sobre la tela fueron satisfactorios para el algodón ya que el algodón tiene gran capacidad de absorción lo que significa que el tinte se adhiere bien al hilo, Mientras que con el poliéster resultó difícil teñir debido a la orientación molecular, y a sus fuerzas de cohesión, siendo una fibra sintética hidrófoba debería teñirse con colorantes dispersos insolubles en agua.

La prueba de solidez de los colorantes se basa en la resistencia que oponen los colorantes para ser sacados de las fibras. Existen muchas pruebas que requieren equipos muy sofisticados y los resultados se evalúan con la escala de gris, que son tablas que son prohibidas publicar solo tienen las empresas, la prueba que se realizó fue la de solidez al lavado, se utilizó la tela de algodón y se realizó lo siguiente; se comparó con un colorante comercial directo (Brown HE4R), este colorante en la escala AATCC tiene un valor de 7 es decir tiene una solidez al lavado muy buena, la tintura con el colorante comercial se procedió a realizar en las mismas condiciones del teñido como el colorante natural, el ensayo consistió en lavar las muestras con una solución de agua con jabón a 60°C, se colocó una muestra textil blanca, la muestra se evaluó para la transferencia de color al material testigo, comparando con el colorante comercial la transferencia de color a la tela casi no hubo transferencia de color al testigo prácticamente fue nula, mientras que con el colorante natural se pudo observar una cantidad de colorante mínima al testigo se puede concluir que la fibra teñida con el colorante natural presenta un comportamiento bastante aceptable.

Para poder obtener el porcentaje de agotamiento fue necesario obtener el dato de absorbancia del baño residual, se realizó una curva de calibración

y así calcular la concentración final del baño residual, el porcentaje de agotamiento fue de 98,4% es decir que prácticamente la mayor parte del colorante se quedó en la fibra.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Esta investigación constó de los siguientes procesos: extracción, análisis evaluación y aplicación del colorante extraído en las fibras textiles. A partir de la semilla del aguacate se puede extraer un colorante, que es una antocianina, para la obtención del colorante natural se empleo un equipo de destilación simple, utilizando como solventes el hidróxido de sodio y etanol, y una vez procesado este extracto se obtuvo en polvo, este colorante puede usarse para darle color a las fibras naturales usando auxiliares textiles para una mejor penetración y fijación del colorante

Se determinó el rendimiento del colorante natural obtenido mediante la relación del peso final de la semilla y peso inicial, dando el mejor resultado al utilizar el hidróxido de sodio con un rendimiento de 40%, mientras que con el etanol fue el rendimiento apenas 24 %.

Se determinó la concentración del colorante extraído como en este caso se extrajo una antocianina, se midió la absorbancia en el espectrofotómetro, con el dato obtenido bibliográficamente de la absortividad molar, remplazando en la fórmula de Lambert Beer se pudo determinar la concentración del colorante.

Se establecieron las condiciones para la extracción para la extracción eficiente del colorante. Mediante el análisis estadístico se pudo determinar la mejor tratamiento que es a_0b_0 y a_0b_1 (hidróxido de sodio ya sea

utilizando semilla fresca o seca), debido a que hubo diferencia significativa en el estado de la semilla) para obtener un buen rendimiento

Para una mayor concentración del colorante los análisis estadísticos arrojaron que el mejor tratamiento es a_0b_1 (hidróxido de sodio y semilla seca)

Se aplicó el colorante obtenido sobre las fibras textiles de algodón y poliéster. Se obtuvo mejores resultados con el algodón que con el poliéster, el colorante extraído con el etanol dio una coloración café-oscuro, mientras que al utilizar el hidróxido de sodio como solvente dio una coloración café-rojiza, Las fibras de poliéster no se tiñó muy bien ya que quedaron espacios en blanco.

Se evaluó el colorante natural comparando con un colorante comercial, mediante la prueba de solidez al lavado dándonos buenos resultados. Además se determinó el agotamiento del baño residual siendo este 98,4% es decir que el colorante se adhiere muy bien a la fibra

5.1 Recomendaciones

Concientizar a las empresas acerca de los beneficios que trae el uso de colorantes naturales.

Incursionar en el mercado de los colorantes y lograr desplazar poco a poco los colorantes artificiales.

En la etapa de filtrado se separa gran cantidad de sólidos que son partículas de colorante, se debería analizar posteriormente la posibilidad de separar estos sólidos y adicionar una etapa de secado en bandejas para aprovechar este material colorante.

La puesta en marcha del proceso requeriría de un cierto grado de investigación para su validación, la cual; en comparación con otras alternativas de utilización de la semilla de palta, no sería tan extensa.

CAPITULO VI

PROPUESTA

6.1. Datos Informativos

1. Título	“Estudio de las isotermas de adsorción y las velocidades de reacción para el colorante natural de la semilla de aguacate”
2. Unidad Ejecutora	Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, carrera de Ingeniería Bioquímica.
3. Beneficiario	Estudiantes de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos
4. Director del proyecto	Ing. Natalia Moreno.
5. Personal Operativo	Egda. Diana Guerrero Escobar
6. Tiempo de duración	6 meses
7. Costo	500 \$.
8. Lugar de ejecución	Laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Elaborado por: Diana Guerrero

6.2. Antecedentes de la propuesta

En lo que se refiere a antecedentes relacionados con el tema de estudio, cabe mencionar que en 1980 el Ing. Luis Eduardo Vides realizó un estudio acerca de la tintura de colorantes reactivos sobre fibras celulósicas, por el método de agotamiento, para determinar los rendimientos a diferentes concentraciones de un colorante reactivo llamado azul levafix E-FBA sobre un sustrato de algodón, sin embargo, dicho estudio se realizó respecto de colorantes sintéticos, lo cual difiere de los colorantes naturales.

También, la Ing. Silvia Girón en 1999 realizó la evaluación del índice de solidez al frote en seco y húmedo de colorantes ecológicos y no ecológicos en un proceso de tintura por agotamiento en frío, es decir, a una temperatura entre 40-60 °C y así se concluyó que los colorantes ecológicos tienen mejor resultado a la solidez al frote en seco y húmedo que los no ecológicos, pero sólo realizó una comparación de la fijación de cada colorante y no el estudio propio del comportamiento de los colorantes.

En el año 2002, el Ing. Gabriel Lam, evaluó el proceso de teñido de fibras de algodón mediante el estudio de tres tipos de colorantes reactivos a nivel de manufactura, los colorantes utilizados fueron el Rojo Drimaren, Azul Intracron y el Amarillo Everción, los cuales pertenecen al tipo de colorante sintético.

Por último, en ese mismo año, el Ing. Luis Fernando García propuso y evaluó la factibilidad de instalar una planta de teñido de hilos de fibras naturales utilizando materiales colorantes naturales, sin embargo, su enfoque está relacionado con un estudio de mercadeo y económico de la industria textil en Guatemala, si bien él propone el uso de colorantes naturales, no realiza un estudio profundo de las condiciones y optimización de la utilización de este tipo de colorantes.

6.3. Justificación

El estudio de las isothermas de adsorción y las velocidades de reacción de los colorantes naturales es importante porque provee información acerca de la saturación al equilibrio llevada a cabo por el colorante en la fibra, además de predecir el agotamiento de los baños de tintura para una concentración dada. La información de la saturación del colorante en el substrato es útil para determinar la cantidad de colorante necesaria para obtener una tintura eficiente.

6.4. Objetivos

General

- Determinar el comportamiento físico químico de adsorción de las moléculas de colorantes sobre las fibras textiles

Específicos

- Estudiar en base al análisis de la cinética de adsorción, los colorantes naturales para que éstos puedan ser introducidos dentro de la industria textil en el teñido de fibras textiles
- Determinar la fijación del colorante en la fibra textiles a través de las curvas de agotamiento.
- Comparar los resultados obtenidos del comportamiento cinético del colorante natural en las fibras naturales con las fibras sintéticas.

6.5 Análisis de Factibilidad

El estudio ha desarrollarse es de tipo investigativo y tecnológico, ya que constituye una investigación más profunda sobre el comportamiento cinético del colorante extraído

El análisis de factibilidad además incluye el carácter económico, ya al realizar un estudio profundo de la cinética de los colorantes, se reducirían costos de operación y así lograr ahorro de energía al disminuir tiempo de tintura.

Además al conocer la calidad del colorante, constituye en una excelente alternativa de futuras investigaciones y además se podrá pensar en la producción a nivel industrial con métodos eficaces, confiables

Tabla N.6. Análisis económico de la propuesta

RECURSOS HUMANOS	UNIVERSIDAD	GRADUANDO
Tutor	200	125
Graduado		
Recursos Físicos		
Análisis Físico Químicos	1000	
Materia prima		150
Equipo	400	
Reactivos	500	
Recursos Económicos		
Transporte		200
Publicaciones		50
Imprevisto		150
Subtotal	2100	675
TOTAL	2775	

Elaborado por: Diana Guerrero

6.6. Fundamentación

Isotermas y Afinidad

El estudio de las isotermas de adsorción y las velocidades de reacción para colorantes naturales es importante porque provee información acerca de la saturación al equilibrio llevada a cabo por el colorante en la fibra, además de predecir el agotamiento de los baños de tintura para una concentración dada. La información de la saturación del colorante en el substrato es útil para determinar la cantidad de colorante necesaria para obtener una tintura eficiente

Isoterma de Nernst

La ecuación de Nernst es similar a la ley de Henry para los gases, queda establecida de la siguiente manera:

$$[C]_f = k[C]_s$$

En donde $[C]_f$ y $[C]_s$ expresan las concentraciones del colorante en la fibra y en la solución respectivamente y K es una constante, que viene a ser la constante de reparto del colorante entre la solución y la fibra. La forma de esta isoterma es lineal; colocando en abscisas la concentración de colorante en solución y en las ordenadas el colorante sobre la fibra se obtiene una línea recta.

Isotermas como éstas, que son lineales y que aumentan su pendiente a medida que se incrementa la concentración del colorante en el baño se les conoce como isotermas de Nernst. Son las isotermas más simples de interpretar e indican que la distribución del colorante entre las fibras y el baño es una simple partición del colorante en dos disolventes diferentes hasta que uno de ellos se encuentre saturado del mismo.

Algunos han defendido que estas isothermas de Nernst son meramente un caso especial de la isoterma de Freundlich o la isoterma de Langmuir, pero en la isoterma de Nernst la concentración disuelta del colorante en la solución está restringida (a través de solubilidad) de alcanzar niveles bastantes altos para que la isoterma se aproxime a las isothermas de Freundlich y de Langmuir hacia el eje x.

Isoterma de Freundlich

La ecuación, establecida por Freundlich experimentalmente por Freundlich en 1907, puede ser expresada:

$$[C]_f = k[C]_s^x$$

En donde K es una constante y “x” es un exponente característico del sistema considerado cuyos valores oscilan entre 0.5 y 0.8 según las fibras y el colorante empleado. Como x es siempre menor que la unidad, la isoterma de adsorción es una parábola, sin tender a un límite determinado de la concentración del colorante sobre la fibra. Por consiguiente no siempre para elevadas concentraciones, porque generalmente la adsorción está limitada por la saturación del colorante en la fibra.

Isoterma de Langmuir

Así como la isoterma de Freundlich tiene una base empírica, Langmuir obtiene la suya por fundamentos cinéticos sobre los procesos de tintura. El postulado básico sobre el que se fundamenta, es que el colorante es adsorbido por la fibra en lugares específicos, de tal modo que cuando una molécula ocupa un lugar, éste queda saturado e incapaz de una adsorción ulterior. Supongamos una fibra conteniendo $[C]_f$ moles de colorante por kg. de fibra, en equilibrio con una solución tintórea de concentración $[C]_s$ mole de colorante por litro de solución, de modo que

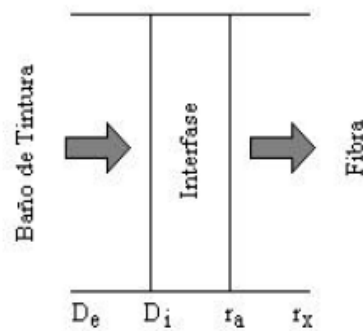
cuando todos los lugares de la fibra estén ocupados por el colorante, la concentración de estos será $[C]_{SAT}$.

El modelo de Langmuir tiene las siguientes consideraciones:

- a) Toda la superficie tiene la misma actividad.
- b) Las especies adsorbidas quedan en puntos definidos.
- c) La máxima adsorción corresponde a la capa única (monocapa).
- d) Cada sitio solo acomoda una especie activa.
- e) No hay interacciones entre moléculas.
- f) Toda adsorción se produce bajo el mismo mecanismo.
- g) La velocidad de adsorción es la misma que la de desorción.

Velocidad de reacción

El fenómeno de tintura involucra difusividad interna y externa y velocidades de adsorción y reacción como se muestra en la siguiente figura. Las moléculas de colorante deben pasar del baño de tintura a la interfase formada por el baño y la fibra, etapa conocida como difusividad externa, enseguida, el colorante debe atravesar la interfase hasta llegar a la superficie de la fibra, a esta etapa se le denomina difusividad interna, una vez ahí comienza el proceso de adsorción de las moléculas por la fibra, la rapidez con que se adsorbe se conoce como velocidad de adsorción, una vez adsorbidas las moléculas de colorante comienza la interacción del colorante con los sitios activos de la fibra mejor conocida como la etapa de reacción dicha rapidez se interpreta como la velocidad de reacción. Todos estos procesos consumen un tiempo determinado, y el proceso que más tarde se le considera como el paso controlante del proceso de difusión o del proceso de reacción.



Los químicos y coloristas textiles saben que existen tres formas o métodos de cómo los colorantes pueden ser retenidos por las fibras:

1. Adsorción Física: Las mismas fuerzas con las cuales se atraen los colorantes a la fibra, inicialmente son suficientemente fuertes para retener las moléculas y resistir los tratamientos subsecuentes de lavado.
2. Adsorción Mecánica: Consiste en la formación de materiales y pigmentos insolubles libres de la solubilidad química con que fueron difundidos en la fibra.
3. Reacción en Fibra: Aquí las moléculas o iones de colorante no pierden todos sus grupos funcionales solubles después de ser difundidos dentro de las fibras, pero en las condiciones correctas reaccionan y se adhieren por enlaces químicos covalentes a las moléculas largas de la fibra formando nuevas derivaciones de color en las fibras. El número pequeño de grupos funcionales solubles es totalmente inadecuado y causa que las nuevas moléculas grandes se disuelvan en agua.

En el teñido de fibras de celulosa pueden ser considerados los siguientes pasos por orden de aparición..

1. Difusión de las moléculas de colorante de la fase acuosa (solución) a la interfase celulosa-solución.
2. Adsorción de las moléculas de colorante de la interfase a la superficie de la fibra.
3. Difusión de las moléculas de colorante a la microestructura de la celulosa.
4. Reacción entre las moléculas de colorante y los grupos hidroxilo de la celulosa en medio alcalino.
5. Reacción entre las moléculas del colorante y el agua en medio alcalino.
6. Adsorción de los colorantes hidrolizados de la solución
7. Hidrólisis de las moléculas de colorante en la superficie de la celulosa.

La adsorción del colorante de la fase acuosa depende de:

1. El estado de las moléculas de colorante en la solución,
2. La naturaleza de la interfase entre la celulosa y el baño de tintura y
3. El potencial de resistencia a transferir el colorante de la fase acuosa a la fibra.

Los modelos más comunes usados en ingeniería textil como Vickerstaff, Cegarra-Puente o McGregor se describen a continuación.

6.7 METODOLOGÍA

Tabla N.7 Modelo Operativo (Plan de acción)

Fases	Metas	Actividades	Responsables	Recursos	Presupuesto	Tiempo
1. Formulación de la propuesta	Estudiar en base al análisis de la cinética de adsorción, los colorantes naturales para que éstos puedan ser introducidos dentro de la industria textil en el teñido de fibras naturales y sintéticas	Revisión bibliográfica	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$500	1 mes
2. Desarrollo preliminar de la propuesta	Cronograma de la propuesta.	Pruebas Preliminares del comportamiento físico químico	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$ 300	3 meses
3. Implementación de la propuesta	Ejecución de la propuesta	Pruebas Preliminares de la determinación de las isothermas de adsorción	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$ 300	2 meses
4. Evaluación de la propuesta	Evaluación de la velocidad agotamiento	Comprobación del comportamiento cinético del colorante natural	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$ 500	1 meses

6.8 Administración

La ejecución de la propuesta estará coordinada por los responsables del estudio Ing. Natalia Moreno y la Egda. Diana Guerrero, y una vez concluida se constituirá en un referente para investigaciones afines al tema tratado

Tabla N.8. Administración de la Propuesta

Indicadores a mejorar	Situación actual	Resultados esperados	Actividades	Responsables
Análisis físicos químicos del colorante extraído	Aplicación de métodos costosos y con grandes limitantes, que proporcionan datos pocos confiables en la determinación de las curvas de agotamiento.	Datos confiables de la cinética de adsorción de los colorantes naturales Optimización del proceso de teñido de las fibras	Determinar el comportamiento físico químico Estudiar la cinética de adsorción Establecer las mejores condiciones para la fijación del colorante Determinar curvas de agotamiento	Investigador: Ing. Natalia Moreno. Diana Guerrero

6.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Tabla N.9. Previsión de la evaluación

Preguntas Básicas	Explicación
¿Quiénes solicitan evaluar?	Sector Científico.
¿Por qué evaluar?	Determinación de métodos confiables y económicos en la determinación de la velocidad de reacción del colorante

¿Para qué evaluar?	Control de la calidad del colorante. Optimización del proceso de tintura mediante el agotamiento del colorante .
¿Qué evaluar?	Tecnología utilizada. Materias primas. Resultados obtenidos
¿Quién evalúa?	Director del proyecto Tutor Calificadores
¿Cuándo evaluar?	Todo el tiempo desde las pruebas preliminares, hasta los análisis finales de comparación de resultados.
¿Cómo evaluar?	Mediante instrumentos de evaluación.
¿Con qué evaluar?	Experimentación. Normas establecidas

Bibliografía

ACUÑA, L., RIVERA, G., 1990. "PLANTAS TINTÓREAS Y OTROS COLORANTES." Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago, CR. 144 p

BUCHHOLZ, S, 1986. "TINTURA DE FIBRAS DE POLIESTER" Universidad de Carolina del Norte.

CABALLERO, R, 1995,"LA ETNOBOTANICA EN LAS COMUNIDADES NEGRAS E INDIGENAS DEL DELTA DEL RIO PATÍA" Edit. ABYA - YALA. Ecuador.

CÁCERES, Armando, 1996, "EXTRACCIÓN DE COLORANTES DE PLANTAS" Colección Monografías, Volumen 1. Guatemala.
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0900_Q.pdf

CAMACHO, Manuel, 1998 "INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA," México
<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/gacetas/188/nte14.html>

CARBONELL J., WALLISER R., HASLER H., GILBERT S, 1976 Mayo. Barcelona Optimización Técnico - Económico de sistemas discontinuos de tintura. Mayo. Barcelona
<http://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/6106/1/Articl02.pdf>

CASTRO, O et al. (1999). "EXTRACTO DE PLANTAS TROPICALES" Revista de biología tropical Vol. 47 México.

CORDERO, R, 2000. "COLORANTES VEGETALES EN LA ARTESANIA PANAMEÑA." Panamá
<http://www.up.ac.pa/direccionadministrativa/institutos/inestec/coloepdf>.

CRESPI, M, 1999 "TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR TEXTIL" Revista Galaxia, Pg 164

DOMÍNGUEZ, Jorge.2010 "MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN FITOQUÍMICA" Editorial Limusa, México

FLORES, L., LING, F., 1990. "EXTRACCIÓN DE COLOREANTES NATURALES" México.

GACEN, J. 1991. "FIBRAS TEXTILES, PROPIEDADES Y DESCRIPCION" Univesitat Politècnica de Catalunya. Editorial S.A..

GEORGE T. Austin, 1997, "MANUAL DE PROCESOS QUIMICOS EN LA INDUSTRIA". Editorial McGrawHill, Colombia

GUZMÁN, Ángel, 2002, Plan Estratégico Nacional de Mercados Verdes, Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá. p. 18.

IICA 2010, "COLORANTES NATURALES," Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura, El salvador
<http://www.iica.int/Esp/regiones/central/salva/Paginas/colorantes.aspx>

JARAMILLO, Hernán, 1988, "COLORANTES EN ARTESANÍAS," CIDAP, Pichincha-Ecuador
<http://www.edufuturo.com/educacion.php?c=3312>

KLINGER, W., PINZÓN, A., PACHÓN, M., ROJAS, L., ARAGÓN, J., 2002. "ESTUDIO DE LAS ESPECIES PROMISORAS PRODUCTORAS DE COLORANTES EN EL TRAPECIO AMAZONICO". Centro de Investigación y Desarrollo Científico, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá.

LOCK, Olga.1997, "COLORANTES NATURALES". Pontificia Universidad Católica de Perú, Fondo Editorial,

PINO W., GUERRERO J., CASTRO A., CASTRO A., PALACIOS J. y CASTRO A., 2003, Extracción artesanal de colorantes naturales, una alternativa de aprovechamiento de la diversidad biológica del chocó, Colombia,
<http://www.virtual.unal.edu.co/revistas/actabiol/PDF's/V8N2/Art9V8N2.pdf>,

RAMOS M., MORENO A., CHAMORRO G. y GARDUÑO L., 2002 "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DE LA SEMILLA DE AGUACATE (*Persea americana*) Variedad Hass, para el Aprovechamiento Integral del Fruto.
www.respyn.uanl.mx/especiales/2007/ee-12-2007/documentos/CNCA-2007-33.pdf, leído el 12-09-2008.

ROJAS Andrés, 2008, "CINÉTICA Y EXTRACCIÓN DE COLORANTES NATURALES". Departamento de Ingeniería Textil, México DF.
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/meiq/perezpdf

ROQUERO, Ana, 2010, "RECUPERACIÓN DEL USO DE TINTES ORGÁNICOS", IDEAS, España.pdf
<http://desarrollorurallanzarrecuperacion-del-uso-de-tinteorganicos.pdf>.

STRACK, D, WRAY, V, 1994. "THE ANTHOCYANINS." HARBONE JB, editor. The Flavonoides. Advances in Research Since 1986.

TAYAG, L.C., 1995, Dyeing properties of avocado (*Persea americana* Mill.) seeds, Centro Escolar Univ., Mendiola, Manila (Philippines), Manila (Philippines).

TORRES, Jorge. "CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DE LAS PLANTAS TÁNICAS" Investigaciones Científicas y proyectos especiales. Colombia.

http://ibone.unne.edu.ar/bonplandia/public/19_1/11-25.pdf

VILLANUEVA M., y VERTI, S., 2007, "EL AGUACATE" Oro verde de México, orgullo de Michoacán.

<http://www.avocadosource.com/WAC6/es/Extenso/5c-234.pdf>,

ANEXO A

TABLAS DE

RESULTADOS

Tabla A-1 Peso de la semilla obtenida

	Peso (g)		
TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T1 (a0b0)	0,79	0,80	0,81
T2 (a0b1)	0,83	0,84	0,81
T3 (a1b0)	0,49	0,42	0,55
T4 (a1b1)	0,50	0,60	0,45

Tabla A-2 Rendimiento del colorante

	Rendimiento %		
TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T1 (a0b0)	39,5	40	40,5
T2 (a0b1)	41,5	42	40,5
T3 (a1b0)	24,5	21	27,5
T4 (a1b1)	25,0	30	22,5

Tabla A-3 Absorbancia

	Absorbancia		
TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T1 (a0b0)	0,28	0,25	0,24
T2 (a0b1)	0,38	0,35	0,37
T3 (a1b0)	0,27	0,28	0,28
T4 (a1b1)	0,28	0,25	0,29

Tabla A-4 Concentración

	Concentración ppm		
TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T1 (a0b0)	374,83	334,67	321,28
T2 (a0b1)	508,70	468,54	495,31
T3 (a1b0)	361,44	374,83	374,83
T4 (a1b1)	374,83	334,67	388,219

a0b0 = Hidróxido de sodio + semilla fresca

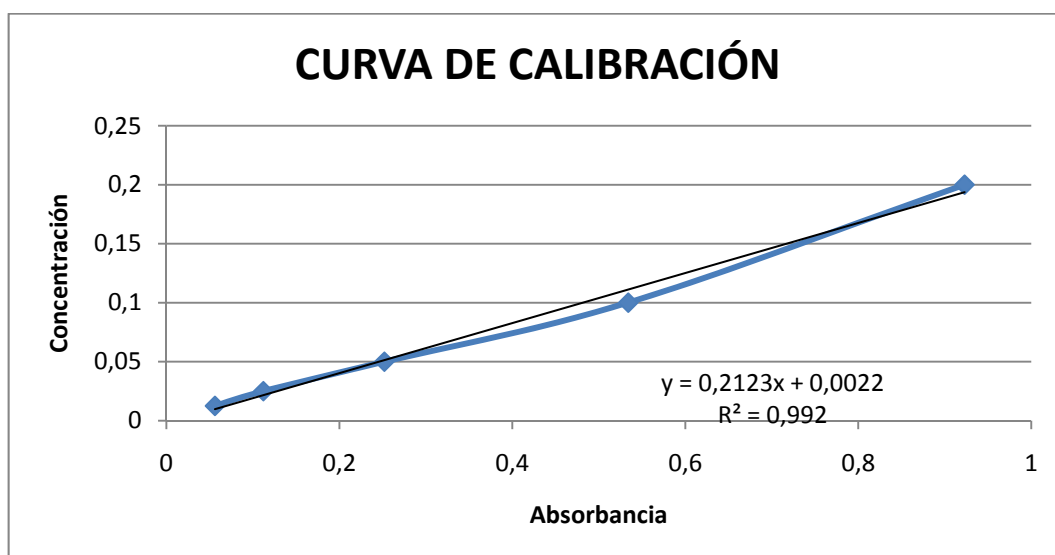
a0b1 = Hidróxido de sodio + semilla seca

a1b0 = Etanol + semilla fresca

a1b1 = Etanol + semilla seca

Datos para la curva de calibración

Concentración g/l	Absorbancia
0,0125	0,056
0,025	0,112
0,05	0,252
0,1	0,534
0,2	0,923



Absorbancia	Concentración final	Concentración inicial	% agotamiento
0,065	0,015 g/l	1 g/l	98,4 %

ANEXO B

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Tabla B-1. Análisis de varianza para el rendimiento del colorante.

Analysis Summary

Dependent variable: RENDIMIENTO

Factors:

FACTOR B

FACTOR A

Number of complete cases: 12

The StatAdvisor

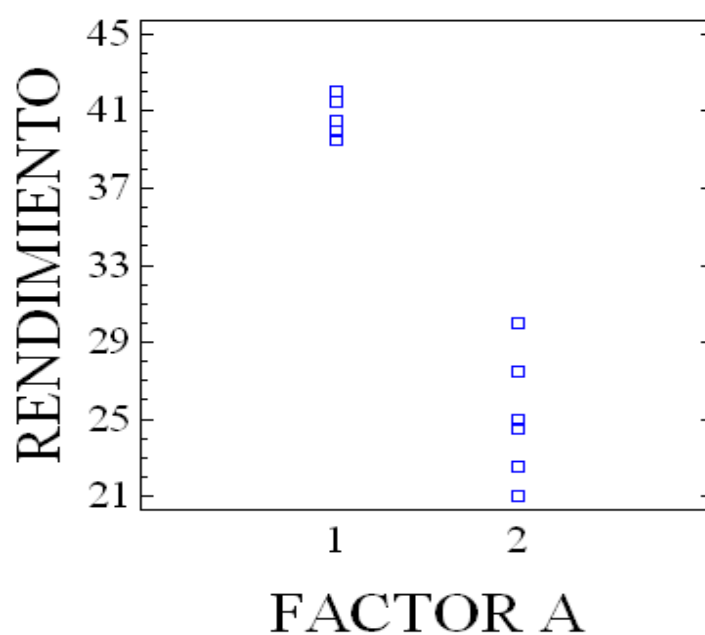
This procedure performs a multifactor analysis of variance for RENDIMIENTO. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on RENDIMIENTO. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:FACTOR B	6,02083	1	6,02083	0,93	0,3640
B:FACTOR A	728,521	1	728,521	112,08	0,0000
INTERACTIONS					
AB	0,0208333	1	0,0208333	0,00	0,9562
RESIDUAL	52,0	8	6,5		
TOTAL (CORRECTED)	786,563	11			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of RENDIMIENTO into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is



Multiple Range Tests for RENDIMIENTO by FACTOR A

Method: 95,0 percent LSD

FACTOR A	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
----------	-------	---------	--------------------

A1	6	25,0833	X
----	---	---------	---

A0	6	40,6667	X
----	---	---------	---

Contrast	Difference	+/- Limits
----------	------------	------------

1 - 2	*15,5833	3,39435
-------	----------	---------

* denotes a statistically significant difference.

Tabla B-2. Análisis de varianza para la concentración del colorante

Analysis Summary

Dependent variable: CONCENTRACION

Factors:

FACTOR A

FACTOR B

Number of complete cases: 12

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for CONCENTRACION. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on CONCENTRACION. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and

Analysis Summary

Dependent variable: CONCENTRACION

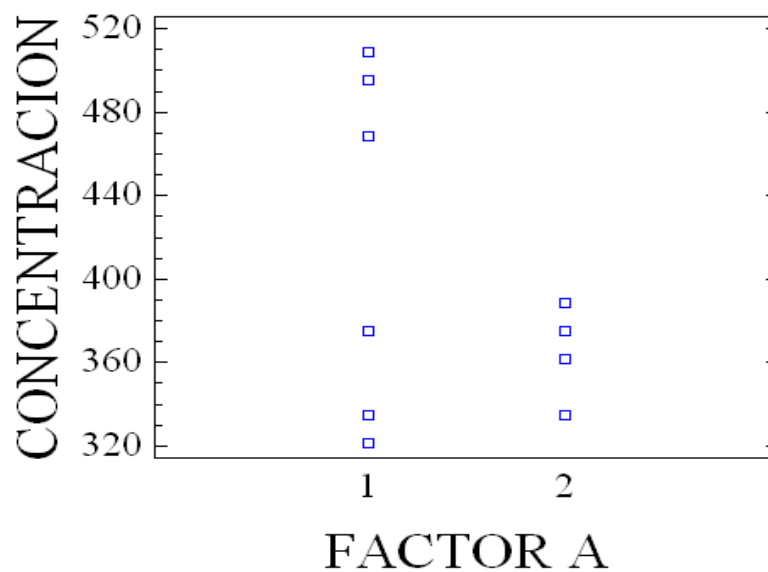
Factors:

Analysis of Variance for CONCENTRACION - Type III Sums of Squares					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:FACTOR A	7228,5	1	7228,5	14,24	0,0054
B:FACTOR B	15292,5	1	15292,5	30,12	0,0006
INTERACTIONS					
AB	17264,2	1	17264,2	34,00	0,0004
RESIDUAL	4061,81	8	507,727		
TOTAL (CORRECTED)	43847,0	11			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of CONCENTRACION into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since 3 P-values are less than 0,05, these factors have a statistically significant effect on CONCENTRACION at the 95,0% confidence level.



Multiple Range Tests for CONNCENTRACION by FACTOR A

Method: 95,0 percent LSD

FACTOR A	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
B0	6	368,135	X
B1	6	417,222	X

Contrast	Difference	+/- Limits
1 - 2	*49,0867	29,9996

* denotes a statistically significant difference.

ANEXO C

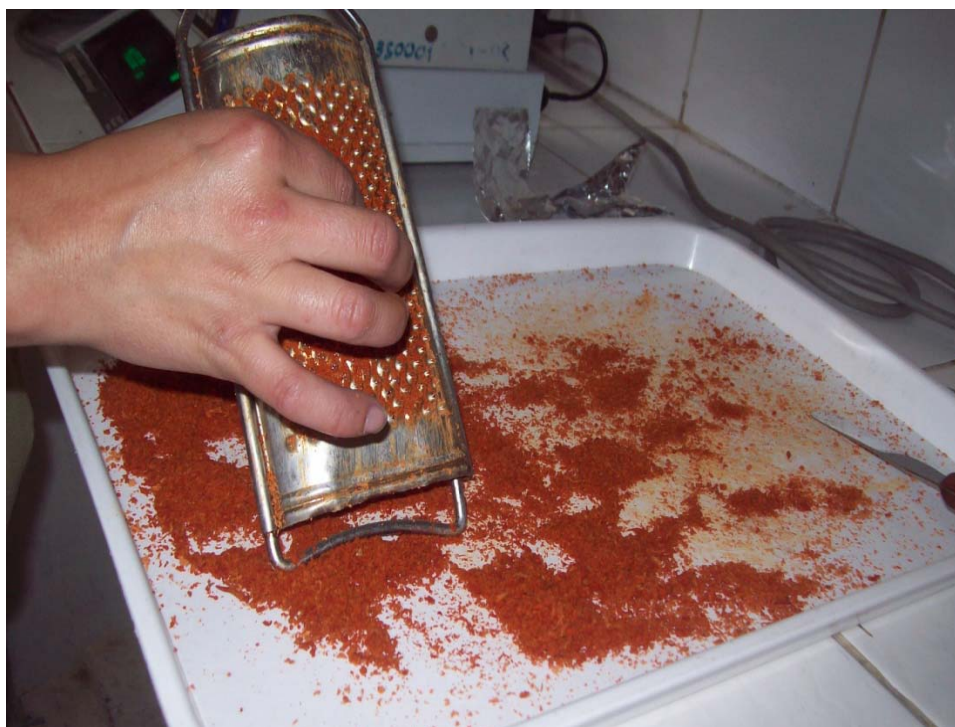
FOTOS

1. EXTRACCIÓN DEL COLORANTE

RECEPCIÓN Y LAVADO DE LAS SEMILLA DE AGUACATE



REDUCCIÓN DE TAMAÑO



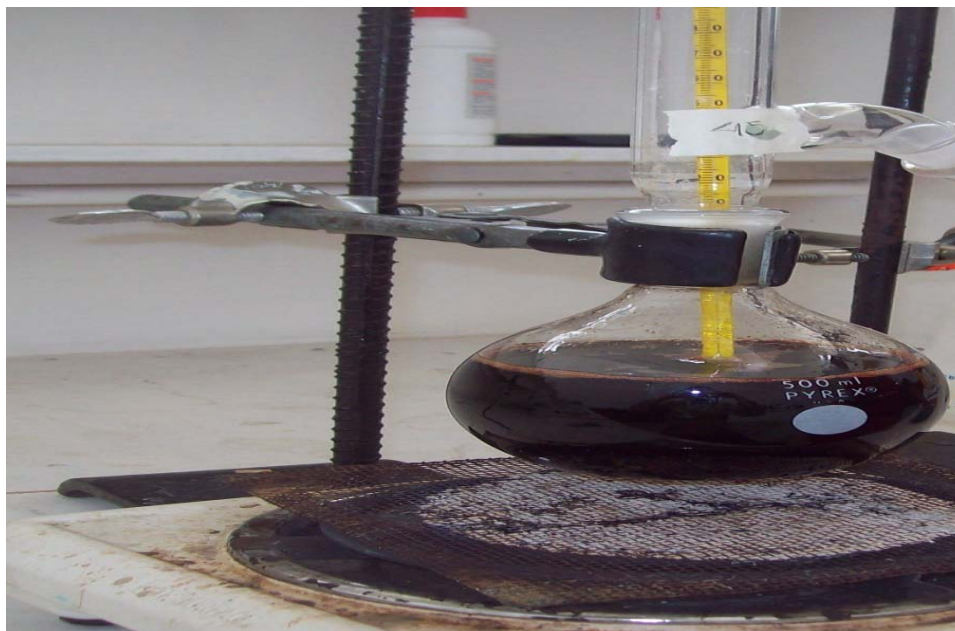
MACHACADO DE LA RALLADURA



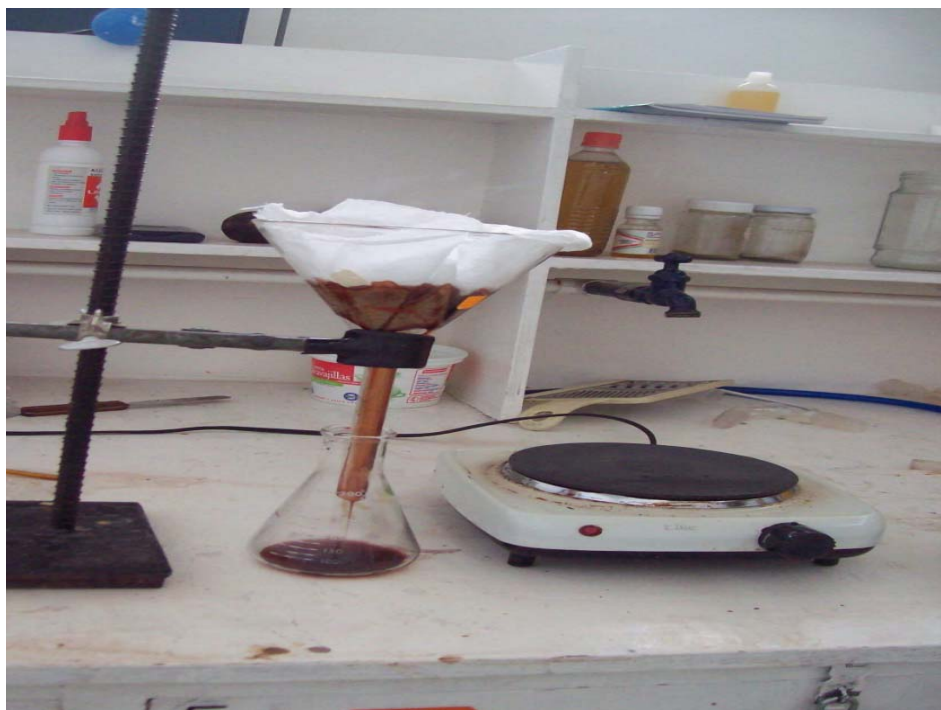
PREPARACION DEL SOLVENTE



EXTRACCIÓN DEL COLORANTE



FILTRACIÓN



DESTILACIÓN



SECADO

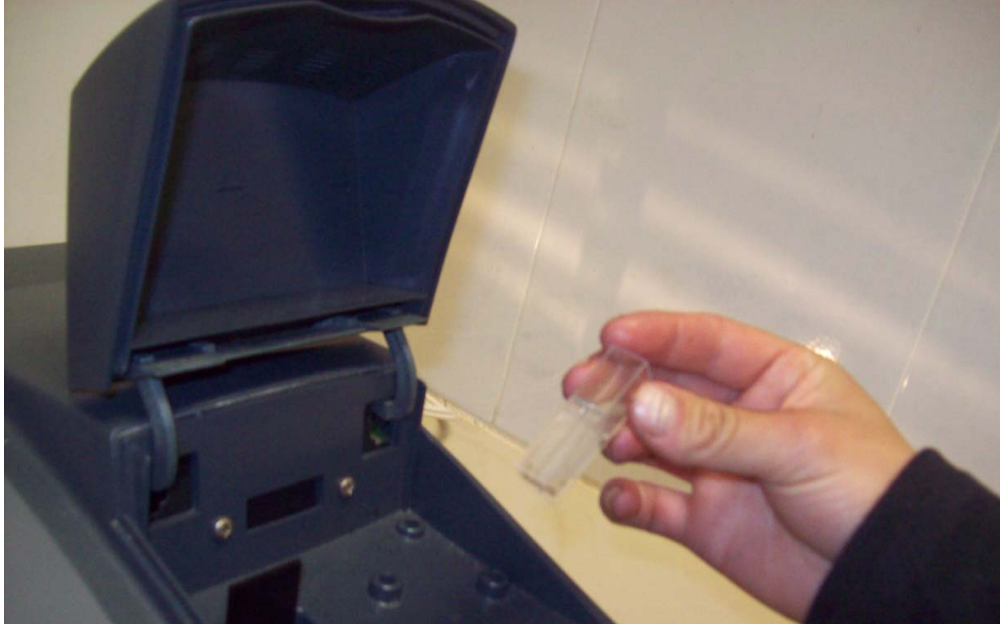


2. ANÁLISIS EN EL ESPECTROFOTÓMETRO

PREPARACION DE LAS SOLUCIONES



LECTURA EN EL ESPECTROFOTOMETRO



RESULTADO DEL TEÑIDO

TEÑIDO DE ALGODÓN



a_0b_0 (hidróxido de sodio+ semilla fresca)

a_0b_1 (hidróxido de sodio +semilla seca)



a_1b_0 (Etanol + semilla fresca)

a_1b_1 (Etanol+semilla seca)

POLIÉSTER



a_0b_1 (hidróxido de sodio +semilla seca)