

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA**



PROPUESTA DE UN COLORANTE NATURAL A PARTIR DE LA SEMILLA DE
Persea americana M (AGUACATE)

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:
CORINA ELIZABETH CRUZ VILLALTA
SARA IVETH FRANCO ROSALES

16 DE FEBRERO
DE 1841

HACIA LA LIBERTAD POR LA CULTURA

PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIATURA EN QUÍMICA Y FARMACIA

DICIEMBRE DE 2007

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA



©2004, DERECHOS RESERVADOS

Prohibida la reproducción total o parcial de este documento,
sin la autorización escrita de la Universidad de El Salvador

<http://virtual.ues.edu.sv/>

SISTEMA BIBLIOTECARIO, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Rector

MSc. Rufino Quezada Sánchez

Secretario General

Lic. Douglas Vladimir Alfaro Chávez

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA

Decano

Lic. Salvador Castillo Arévalo

Secretaria

Licda. Morena Lizette Martínez de Díaz

COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

Coordinadora General

Licda. María Concepción Odette Rauda Acevedo

Asesora de Área Análisis de Alimentos: Físicoquímico

Ing. Rina Lavinia Hidalgo de Medrano

Asesora de Área Gestión Ambiental: Toxicología y Química Legal

Licda. María Luisa Ortíz de López

Docente Director

Lic. Guillermo Antonio Castillo Ruiz

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirnos culminar nuestro trabajo de graduación, ya que sin la ayuda de él no lo hubiésemos logrado.

A nuestro docente director: Lic. Guillermo Antonio Castillo Ruiz, por brindarnos su apoyo, confianza, orientación y muchos de sus conocimientos incondicionalmente a lo largo de todo este trabajo de graduación.

Al comité de graduación por su paciencia y consejos en la realización de esta investigación:

Licda. María Concepción Odette Rauda Acevedo.

Ing. Rina Lavinia Hidalgo de Medrano.

Licda. María Luisa Ortíz de López.

A todos los docentes por compartir sus conocimientos a lo largo de nuestra carrera, por su amistad, consejos y ayuda en la formación académica y profesional; así como también a los laboratoristas, a las personas encargadas de la bodega por la ayuda brindada tanto a lo largo de la carrera como en el trabajo de graduación.

También a todas las personas que de una u otra manera colaboraron a lo largo de este trabajo de investigación, les agradecemos mucho y que Dios los bendiga.

Corina y Sara.

DEDICATORIA

Con mucho amor y cariño dedico mi trabajo de graduación a:

A DIOS TODO PODEROSO, por darme el conocimiento, sabiduría, y fortaleza a lo largo de mi formación académica, y así poder culminar con éxito mi meta trazada.

A MIS PADRES, José Calixto Cruz y Ana de Cruz; por todo su amor y confianza depositada, ya que nunca dudaron en apoyarme en la culminación de mi carrera, siéntanse orgullosos de que sus sacrificios los supe aprovechar y logre lo que tanto uds. como yo soñábamos.- Papi aunque no estuviste en esta última etapa de mis estudios, tus consejos siempre estuvieron presentes a cada momento.- Mami gracias por tus oraciones, consejos y regaños los cuales me sirvieron de mucho para lograr este triunfo. Gracias Dios por haberme dado los mejores padres del mundo los amo mucho.

A MI HERMANO Y SOBRINO, Carlos Josué y William Alejandro, por su cariño, consejos y apoyo, ya que también forman parte de este logro, los quiero mucho. A mi familia en general, ya que de una u otra manera me brindaron su apoyo y consejos.

A MIS AMIGOS(AS) Y COMPAÑEROS, por su apoyo, confianza y paciencia a lo largo de los años de estudio, gracias por compartir momentos inolvidables y estar cuando más los necesitaba, que Dios los bendiga.

A MI COMPAÑERA DE TESIS, Sara Iveth por la amistad y confianza a lo largo de la realización de nuestro trabajo de graduación.

Corina Elizabeth Cruz Villalta

DEDICATORIA

A DIOS TODO PODEROSO por prestarme salud, orientarme por el buen camino, darme fortaleza y permitirme culminar ésta etapa tan importante en mi vida.

A MIS PADRES, Ana María de Franco y Francisco Franco, por la confianza que depositaron en mí, por las oraciones elevadas al creador, por todo el sacrificio realizado, por las palabras de aliento que me inspiraron a no desistir y seguir adelante hasta culminar mi carrera.

A MIS HERMANOS, Cristina y Giovanni, por animarme en todo momento, por el apoyo, por las palabras de aliento y formar parte de este logro.

A MI NOVIO Wilfredo, que con mucho amor me brindo su apoyo incondicional, por estar a mi lado, orientarme y hacerme saber que siempre cuento con él.

A LA FAMILIA, Beltetón Martínez, por su amistad, confianza y apoyo brindado.

A MIS AMIGOS(AS), que con sus palabras de apoyo me dieron la fortaleza para continuar luchando y culminar con éxito este trabajo.

A MI COMPAÑERA DE TESIS, Corina Cruz, por la confianza, amistad y apoyo mutuo para la culminación nuestro trabajo de investigación.

Sara Iveth Franco Rosales

AGRADECIMIENTO

A nuestro docente director MSc. ARMANDO NELSON GENOVEZ LEONOR, por haber formado parte de este trabajo de graduación, ya que con sus conocimientos, orientación, espíritu de trabajo y confianza hizo posible la realización del presente trabajo.

Que Dios lo bendiga.

Sara Franco y Corina Cruz.

ÍNDICE

| Contenido | Pág. |
|------------------------------------|------|
| Resumen | |
| Capitulo I | |
| 1.0 Introducción | xix |
| Capitulo II | |
| 2.0 Objetivos | |
| 2.1 Objetivo General | 22 |
| 2.2 Objetivos Específicos | 22 |
| Capitulo III | |
| 3.0 Marco Teórico | 24 |
| 3.1 Generalidades | 24 |
| 3.2 Taxonomía de la Planta | 43 |
| Capitulo IV | |
| 4.0 Diseño Metodológico | 53 |
| 4.1 Tipo de Estudio | 53 |
| 4.2 Metodología | 53 |
| 4.2.1 Investigación Bibliográfica | 53 |
| 4.2.2 Investigación de Campo | 54 |
| 4.2.3 Investigación de Laboratorio | 56 |

| | |
|---------------------------------|----|
| Capitulo V | |
| 5.0 Resultados e Interpretación | 70 |
| Capitulo VI | |
| 6.0 Conclusiones | 80 |
| Capitulo VII | |
| 7.0 Recomendaciones | 83 |
| Bibliografía | |
| Glosario | |
| Anexos | |

ÍNDICE DE CUADROS

| Cuadro N° | Pág. |
|--|------|
| 1. Lista De Colorantes Naturales | 34 |
| 2. Composición Química Del Aguacate Por 100% | 45 |
| 3. Extracción del colorante de la semilla de aguacate | 70 |
| 4. Identificación fitoquímica de metabolitos secundarios en extracto Etanólico de la semilla del <i>Persea americana M.</i> (Aguacate) | 71 |
| 5. Identificación fitoquímica de metabolitos secundarios en extracto Acuoso de la semilla del <i>Persea americana M.</i> (Aguacate) | 72 |
| 6. Bandas Características del Colorante en extracto Alcalino | 73 |
| 7. Bandas Características del Colorante en Extracto Alcohólico | 74 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| Fig. N° | Pág. |
|---|------|
| 1. Árbol, Flor y Fruto del Aguacate | 43 |
| 2. Espectro Infrarrojo del Extracto Alcalino | 73 |
| 3. Espectro Infrarrojo del Extracto Etanólico | 74 |
| 4. Espectro Ultravioleta Visible del Extracto Alcalino | 75 |
| 5. Espectro Ultravioleta Visible del Extracto Etanólico | 76 |
| 6. Diagrama de bloques para el proceso de extracción con NaOH 0.5% | 106 |
| 7. Diagrama de bloques para el proceso de extracción con Alcohol Etílico Acidificado. | 108 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| Anexos N° | Pág. |
|---|------|
| 1. Preparación de Reactivos | 95 |
| 2. Material Equipo y Reactivo | 102 |
| 3. Diagrama de Bloque para el Proceso de extracción con Hidróxido de Sodio 0.5% | 106 |
| 4. Diagrama de Bloque para Proceso de extracción con Alcohol Etílico Acidificado | 108 |
| 5. Diagrama de dilución para el colorante extraído con Hidróxido de Sodio 0.5% y con Alcohol Etílico en medio ácido | 110 |
| 6. Fotografías de la muestra | 112 |
| 7. Fotografías del proceso de extracción, filtrado al vacío y concentración de los colorantes | 115 |
| 8. Fotografías de la identificación de metabolito secundarios | 119 |
| 9. Fotografías de Equipos Utilizados para la lectura de las muestras | 127 |
| 10. Fotografías de la preparación de los agentes mordientes, del colorante y fijación del mismo en las fibras. | 129 |
| 11. Fotografías del resultado de la fijación del color | 133 |

ABREVIATURAS

| Abreviatura | Significado |
|---|-------------------------------|
| °C | Grados Celsius |
| CE | Comunidad Europea |
| Cm | Centímetro |
| D | Densidad |
| FDA | Food and Drugs Administration |
| Fig | Figura |
| g | Gramo |
| H ₂ SO ₄ | Ácido Sulfúrico |
| HCl | Ácido Clorhídrico |
| IR | Infrarrojo |
| KBr | Bromuro de Potasio |
| L | Litro |
| m | Metro |
| mg | Miligramo |
| min | Minuto |
| mL | Mililitro |
| mm | Milímetro |
| N | Normal |
| NaOH | Hidróxido de Sodio |
| Na ₂ S ₂ O ₄ | Hidrosulfito de Sodio |

| | |
|------------------|--------------------|
| Nm | Nánometro |
| N° | Número |
| Pág | Página |
| Peq | Peso equivalente |
| PM | Peso Molecular |
| p/p | Peso sobre Peso |
| TiO ₂ | Dióxido de Titanio |
| UV | Ultra Violeta |

RESUMEN

RESUMEN

La presente investigación tiene la finalidad de extraer el colorante que contiene la semilla de *Persea americana M.* (Aguacate), usando método de reflujo con los solventes hidróxido de sodio 0.5 %, y alcohol etílico acidificado, llegando a la conclusión que el mejor solvente para extraer dicho colorante es el hidróxido de sodio 0.5 %; ya que al entrar en contacto con la muestra se observó el cambio de color que se intensificó durante el proceso de extracción; a ambos extractos se les realizó espectroscopia infrarroja y ultravioleta visible, con el fin de determinar grupos funcionales característicos del colorante y sus máximos de absorción, en la región ultravioleta visible.

También se realizaron pruebas cualitativas para la identificación de metabolitos secundarios en extractos acuosos y alcohólicos; siendo la más importante para dicha investigación la de flavonoides ya que esto nos indica que están presentes en el colorante obtenido.

Uno de los objetivos planteados era obtener el colorante en polvo, pero esto no fue posible dado que no se cuenta con un liofilizador, para obtener el colorante libre de humedad, lo cual se optó por dejarlo en solución concentrada; con ella se realizaron pruebas de fijación de color en prenda de vestir y en tres tipos de fibras como: algodón, lino, lana, usando tres tipos de agentes mordientes como: sulfato de sodio, sulfato de cobre pentahidratado y sulfato ferroso, obteniéndose buenos resultados de fijación.

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación podemos concluir que la semilla de *Persea americana M.* (Aguacate), contiene colorante; el cual podría ser una alternativa de uso en la industria textil; haciendo uso de los agentes mordientes antes mencionados, además del comúnmente utilizado como lo es el Cloruro de Sodio entre otros.

Al concentrado obtenido se recomienda realizarle pruebas microbiológicas y fisicoquímicas para verificar la estabilidad del colorante en solución, y que este pueda ser utilizado en otros tipos de industria.

CAPITULO I
INTRODUCCION

INTRODUCCIÓN

El uso de materias colorantes ha nacido de la necesidad, sentida desde el hombre prehistórico, de adornar o embellecer multitud de objetos de uso corriente, comunicándole colores más o menos vivos. Para esto se aprovechó de un gran número de pigmentos colorantes escogidos de los tres reinos de la naturaleza, modificándolos y creando nuevos, a medida que aumentaba su conocimiento en esta ciencia, llegando hasta los sintéticos (Químicos).

El uso de los colorantes es una práctica muy común en las industrias de hoy en día, siendo muy variada su aplicación; más específicamente en el ámbito de colorantes para alimentos, se ha disminuido el uso de compuestos sintéticos de manera creciente en los últimos años y por el contrario la demanda de colorantes naturales ha aumentado considerablemente; dado que los colorantes sintéticos han sido objeto de numerosas críticas, pues algunas investigaciones los han cuestionado por sus impactos ambientales y sus consecuencias en la salud del consumidor, llegando al punto de clasificarlos como causantes de enfermedades dérmicas y alérgicas.

Es por ello que en la presente investigación se da un aporte proponiendo un colorante natural, el cual se pretende extraer de la semilla del aguacate, con el cual se puedan reemplazar algunos colorantes sintéticos.

En la presente investigación, la especie vegetal *Persea americana M.* (Aguacate), según investigaciones la semilla del aguacate posee un colorante natural, ⁽¹⁸⁾ por lo que se somete a una identificación botánica, recolección y

extracción por el método de reflujo con Hidróxido de Sodio 0.5% y Alcohol Etílico Acidificado, así como la identificación de metabolitos secundarios en extractos etanólicos y acuosos e identificación del colorante por espectroscopia infrarroja.

De esta forma se puede contar en el futuro con una alternativa de origen natural, con aplicaciones valiosas en la industria, cuya materia prima es abundante y fácil de encontrar, empleando tecnología de bajos niveles de inversión e insumos.



CAPITULO II

OBJETIVOS

2.0 OBJETIVOS

2.1 General:

Proponer un colorante natural a partir de la semilla de *Persea americana M.* (Aguacate)

2.2 Específicos:

- 2.2.1 Identificar, recolectar y preparar la especie vegetal a estudiar.
- 2.2.2 Realizar la extracción del colorante utilizando Hidróxido de Sodio al 0.5%, y Alcohol Etílico Acidificado.
- 5.2.3 Realizar pruebas cualitativas para identificar metabolitos secundarios en los extractos acuosos y alcohólicos.
- 5.2.4 Obtener el colorante en forma sólida e Identificar grupos funcionales por Espectroscopia Infrarroja.
- 5.2.5 Realizar pruebas de fijación del colorante utilizando Sulfato de Sodio, Sulfato de Cobre y Sulfato Ferroso como agentes mordientes en tres tipos de fibra textil tales como: Algodón, Lino y Lana.

CAPITULO III
MARCO TEÓRICO

3.0 MARCO TEORICO

3.1 GENERALIDADES

La mejor referencia que se tiene del uso de colorantes se remonta a la época de la conquista española con los escritos de los cronistas, narran ellos el haber apreciado hamacas de paja muy finas, tejidas con trama y urdimbre, teñido de vistosos colores y también de mantas muy coloreadas.

En América se tiene hermosos ejemplos en los textiles encontrados en las tumbas incas, mayas y en los tejidos que actualmente trabajaban los indígenas de América Central. Sin embargo con el desarrollo de la química a finales del siglo XIX, toda la tintorería cambió, al sintetizarse nuevas sustancias colorantes en el laboratorio.

Los nuevos matices fabricados sintéticamente han progresado más en 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 ha llevado al olvido las antiguas técnicas de extracción, y la producción artificial crea entonces problemas, antes no conocidos por el hombre en el aspecto de toxicidad y contaminación. (22)

Siendo el uso de colorantes una práctica muy común en las industrias, también así de rigurosas son sus exigencias en cuanto a toxicidad.

La importancia de los colorantes de origen vegetal había decaído desde la introducción de los colorantes sintéticos derivados del petróleo, aluminio y carbón.

Pero hoy en día las industrias de alimentos, farmacéuticas y de cosméticos han regresado al uso de colorantes de origen vegetal, debido a la prohibición de los colorantes de origen mineral y sintético por encontrarse indicios de efectos cancerígenos. En los últimos años la industria ha reducido considerablemente la lista de colorantes permitidos, y por el contrario ha comenzado a utilizar los colorantes naturales.⁽¹⁵⁾

Aplicación de los colorantes

Las aplicaciones de los colorantes son infinitas desde los vidrios de los esmaltes de la cerámica, pasando por las artes gráficas, los textiles, las pinturas, los plásticos y los alimentos.

Las maneras de aplicar los colorantes son dos: pintando y tiñendo. En la primera se deposita el color sobre la superficie recubriéndola, ocultando su calidad o estructura. En el teñido se trata de incorporar el colorante a la masa del material a colorear, conservando en lo posible las cualidades del mismo.

Esta es la razón por la cual, en muchos casos, los colorantes para el teñido, son distintos de los usados para pintar.

Los colorantes se pueden clasificar de varias formas: en base a su origen, por su constitución química o por el modo en que son fijadas a la fibra.

Para darles color a todas estas materias vegetales podemos utilizar colorantes de diferente procedencia. Pero antes debemos dar la definición a la palabra colorante: es toda sustancia capaz de comunicar a otro cuerpo una determinada

coloración en forma más o menos permanente. Se diferencia de la materia coloreada en que ésta última es incapaz de transmitir el color. En los colorantes, el color no es simple puro, sino una mezcla de colores. (27)

Una sustancia coloreada se puede utilizar como colorante sólo si se puede unir a la fibra; es evidente que el método de aplicar el colorante no solo depende de la estructura química del colorante, sino también del tipo de fibra que haya que teñirse. Teniendo en cuenta que la lana y la seda son proteínas, no es nada extraño que su comportamiento frente a los colorantes sea muy similar. Por su carácter anfótero, tanto la lana como la seda muestran una afinidad natural para sustancias con grupos ácidos o con grupos básicos, indistintamente; por ello, se pueden teñir de una manera directa sin más que impregnarlas en una solución de colorantes ácidos o básicos. La combinación entre el colorante y el tejido probablemente es de carácter salino.

El algodón, el lino y las sedas artificiales del tipo de celulosa regenerada están formados por moléculas de celulosa neutra y no muestran afinidad hacia muchos colorantes directos para la lana y la seda.

Se combinan con sustancias conocidas como colorantes sustantivos, que se fijan por absorción o por, enlaces de hidrogeno en una cantidad determinada en parte por la compatibilidad de la molécula del colorante con las agrupaciones en el espacio en la fibra. Las telas de celulosa se pueden teñir también mediante: procesos a la tina, mordentado y formación del colorante en la fibra.

Proceso a la tina o teñido a la tina: Se conoce desde la más remota antigüedad un método para teñir el algodón con el añil natural, el proceso se basa en que reduciendo el añil, se transforma en dihidro-derivado (o leuco-derivado) incoloro que es soluble en los álcalis, si se sumerge un tejido en la solución alcalina del colorante reducido (tina) el compuesto leuco queda adsorbido en la fibra textil y al sacar el tejido y exponerlo al aire, se oxida formando el colorante que queda retenido por la tela. En los primitivos procesos, la reducción se verificaba por fermentación; el método que se patentó en 1871, utiliza como reductor el hidrosulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$). Todos los colorantes que se aplican en esta forma se conocen bajo el nombre común de colorantes a la tina, el proceso a la tina y un proceso para la aplicación indirecta de colorantes azoicos se llevan a cabo en solución alcalina y no pueden ser usados para teñir la lana y la seda, que son sensibles a los álcalis. Ciertos colorantes ácidos, especialmente los complejos con cromo resultan importantes colorantes para el nylon porque el polímero tiene grupos amino terminales que permiten la fijación.

Mordentado o teñido con mordiente: Este método consiste en procesar el algodón de tal manera que se fijen los grupos ácidos o básicos capaces de combinarse con un colorante básico o ácido. El agente procesante o agente de enlace entre el colorante y la tela, se conoce con el nombre de mordiente (del latín *morderé*, *morder*). En las primitivas fórmulas para teñir con alizarina y producir el color denominado “rojo turco”, el algodón se impregnaba primero con aceite de oliva rancio que contenía cal, después con una solución de una sal metálica (generalmente Sulfato de Aluminio) y por último, se trataba con vapor.

El tejido así “mordentado” se trataba con el colorante en forma de fina suspensión acuosa.

Formación del colorante en la fibra: Consiste en impregnar el algodón con una solución alcalina de un fenol y sumergirlo después en otra solución, enfriada con hielo, de una sal de diazonio; de esta manera, el azoico se desarrolla directamente sobre la fibra, por ello los colorantes que se aplican en esa forma reciben el nombre genérico de “colorantes desarrollados” o, más frecuentemente, “Colorantes al hielo”. (2)

Estructura química de los colorantes.

La primera teoría del color fue formulada por Witt en 1876 al indicar que todos los compuestos coloreados poseen uno o más grupos no saturados que denominó cromóforos, a los que atribuyó la propiedad de comunicar una coloración. El conjunto de cromóforo con el núcleo cíclico que lo contiene se denomina grupo cromógeno, o sea una sustancia capaz de impartir color. Pero para que un compuesto sea colorante debe tener propiedades ácido-base compatible con el substrato a colorear. Estas propiedades están determinadas por grupos denominados auxocromos, los que se comunican al grupo cromóforo la propiedad de ser ácidos, neutros o básicos. En la práctica entre estos grupos se pueden encontrar carboxilos, sulfónicos, hidroxilo, amino etc. Idealmente la naturaleza de los grupos auxocromos no debieran de afectar de ninguna forma al grupo cromógeno, pero en la práctica esto no es así.

Existen grupos que intensifican el color de una sustancia química y son denominados batocromos, mientras los que lo debilitan se llaman hipsocromos. Actualmente, la presencia de color en los compuestos orgánicos se atribuye a la posibilidad de resonancia: el color es más intenso cuando las dos formas en resonancia más importantes implican la oscilación de un electrón sobre una gran distancia en la molécula. La existencia de estas formas resonantes en un compuesto implica una mayor estabilidad de éste en un nivel de baja energía y por lo tanto la vibración electrónica requiere bajos niveles de ésta que pueden ser entregados por el rango de luz visible.

Resumiendo lo anteriormente expuesto se puede establecer que para la coloración de un alimento (o cualquier sustancia) el compuesto colorante debe ser de naturaleza semejante a su substrato.

Por ejemplo, un yogurt, el cual es ácido o estable al ácido, químicamente el colorante es un compuesto ácido-base, el cual al ser adicionado es capaz de reaccionar con el substrato. en el cual es aplicado.

El color corresponde a una propiedad de la materia que se encuentra directamente relacionada con el espectro de luz; esta propiedad hace que se pueda medir físicamente en términos de su energía radiante o intensidad, y por su longitud de onda, la cual es visible para el ojo humano cuando oscila entre 380 a 780 nm. Al incidir las ondas electromagnéticas de un espectro continuo de longitudes de onda sobre una sustancia, tiene lugar la absorción más o menos intensa de ciertas longitudes de onda al pasar las moléculas a niveles

superiores de energía. Si las radiaciones absorbidas se encuentran en el campo visible la sustancia es coloreada, presentando el color complementario correspondiente a aquellas radiaciones reflejadas, mientras que si pertenecen a la región del ultravioleta, la sustancia es incolora.

Las moléculas absorben energía al pasar niveles cuánticos superiores de rotación, vibración y de excitación electrónica. Los cuantos de energía y de rotación de las moléculas y de vibración de los átomos son muy pequeños y corresponden a radiaciones absorbidas en el infrarrojo más o menos lejano. En cambio los cuantos de energía de desplazamiento de las moléculas son mucho más elevados, y en general corresponden a radiaciones absorbidas en el ultravioleta visible.

Por lo tanto, color se puede definir como la parte de la energía radiante que el humano percibe mediante las sensaciones visuales generadas en la retina. (6)

Función de los colorantes

Para restaurar la apariencia original del alimento donde el color natural ha sido destruido por algún proceso por ejemplo en vegetales y ocasionalmente en conservas, frutas y productos cárnicos.

Para asegurar uniformidad de color debido a variaciones naturales en intensidad de color.- Por ejemplo frutas obtenidas a diferentes tiempos durante la estación, asegurando uniformidad en apariencia y aceptabilidad.

Para intensificar colores naturales en donde el color es débil y poco uniforme, por ejemplo en yogurt con frutas cuando el color de este es débil y necesita ser reforzado.

CLASIFICACION DE LOS COLORANTES

Los colorantes se dividen en dos grandes grupos: **colorantes naturales** y **colorantes artificiales**.

COLORANTES NATURALES

Los colorantes se dividen en varios grupos: colorantes naturales, tintes naturales y pigmentos naturales.

Los colorantes naturales son productos que se adicionan a los alimentos para proporcionarles un color específico y hacerlos más agradables a la vista. Los tintes naturales se usan para teñir telas, madera y cuero. Finalmente, los pigmentos naturales son los compuestos responsables del color visible de una planta; además de ser utilizados por la industria farmacéutica. ⁽²²⁾

La FDA, entidad autorizada para regular alimentos y aditivos para alimentos, ha definido que los colores permitidos para el uso en los alimentos se clasifican en certificables y exentos de certificación. Igualmente ambos deben aprobar rigurosos estándares de seguridad antes de ser incluidos en la lista de productos autorizados para usarse en los alimentos.

Los colores certificados son producidos artificialmente (o fabricados por el hombre) y se usan ampliamente porque imparten colores intensos, uniformes, son más económicos y se combinan más fácilmente para crear una variedad de tonalidades. En los Estados Unidos existen ocho colores certificados que son: Amarillo #5, Amarillo #6, Azul #1, Azul #2, Naranja B, Rojo citrus, Rojo #40, Verde #3 (FDA, 2002). Los colores alimenticios certificados no agregan sabores no deseados a los alimentos.

Los colores que están exentos de certificación incluyen a los pigmentos que se derivan de fuentes naturales como las verduras, los minerales o los animales. Los aditivos colorantes derivados de productos naturales son más costosos que los colores certificados y pueden agregar sabores no deseados a los alimentos. Algunos ejemplos de estos colores son el colorante obtenido de, extracto de annatto (amarillo), las remolachas deshidratadas (rojo azulado a marrón), caramelo (amarillo a tostado), betacaroteno (amarillo a naranja) y el extracto de hollejo de uva (rojo, verde).

Los colorantes naturales se clasifican según su procedencia en: vegetales, animales y minerales. (28)

Colorantes vegetales

Los colorantes vegetales se dividen en 6 grupos:

a) Carotenoides: La estructura química básica de la mayoría de estos compuestos es poliénica, de 40 átomos de carbono y se dividen en dos grandes grupos: carotenos y xantofilas.

b) Clorofila: Este es, tal vez, el pigmento más abundante en la naturaleza y se encuentra en los cloroplastos. Es soluble en solventes no polares.

c) Antocianinas: Son pigmentos hidrosolubles con características de glucósidos, responsables de los colores rojo, anaranjado, azul y púrpura de las uvas, manzanas y fresas.

d) Flavonoides: Son glucósidos formados por una aglicona que en muchos casos deriva del 2-fenilbenzopirona. Estos pigmentos son amarillos pero, a pesar de que existe un gran número de ellos, no contribuyen de manera importante en el color de los alimentos

e) Betalainas: Este término se refiere a un grupo de aproximadamente 70 pigmentos hidrosolubles con estructura de glucósidos y que se han dividido en dos grandes clases: betacianinas (rojo) y betaxantinas(amarillo).

f) Taninos: Son una clase de compuestos fenólicos incoloros amarillo-café que se han dividido en dos grupos: los hidrolizables y no hidrolizables.

Colorantes animales

Los colorantes animales se dividen en:

a) Mioglobina y hemoglobina: Tanto la mioglobina como la hemoglobina son proteínas conjugadas o hemoproteínas responsables del color rojo del músculo y de la sangre, respectivamente.

b) Cochinilla: Se obtiene a partir del insecto *Datylopius coccus* que se desarrolla en el nopal. El principio colorante es el ácido carmínico, es una antraquinona de color púrpura.

Colorantes minerales

Los colorantes de origen mineral se dividen en:

a) Óxido de hierro: Los óxidos de hierro se encuentran en la naturaleza, pero suelen elaborarse por medio de un tratamiento con sulfato ferroso o cloruro ferroso con un álcali, seguido de oxidación del hidróxido.

b) Dióxido de titanio: El dióxido de titanio es un pigmento colorante inorgánico (TiO_2) el cual es un polvo denso blanco, insaboro e inodoro.

c) Azul ultramarino: El ultramarino se produce por la pulverización del mineral lapiz lázuli, pero ahora se produce fundiendo juntos caolín carbonato o sulfato de sodio azufre y carbón, por cerca de 10 horas en ausencia de aire. ⁽²⁴⁾

Cuadro N° 1 LISTA DE COLORANTES NATURALES

| COLORANTE | NOMBRE |
|--------------------|--|
| E-100 | Curcumina |
| E-101 | Riboflavina |
| E-120 | Cochinilla |
| E-140 | Clorofilas |
| E-141 | Complejos Cúpricos de Clorofilas |
| E-150 | Caramelo |
| E-153 | Carbón medicinal vegetal |
| E-160 | Carotenoides |
| E-160 ^a | Alfa, Beta, Gamma caroteno |
| E-160b | Bixina, Norbixina(Rocou, Annato) |
| E-160c | Capsantina, capsorrubina |
| E-160d | Licopeno |
| E-160e | Beta-apo-8'-carotenal |
| E-160f | Ester etílico |
| E-161 ^a | Flavoxantina |
| E-161b | Luteína |
| E-161c | Criptoxantina |
| E-161d | Rubixantina |
| E-161e | Violoxantina |
| E-161f | Rodoxantina |
| E-161g | Cantaxantina |
| E-162 | Rojo de remolacha, Betanina, Betalaína |
| E-163 | Antocianos |

Todos ellos llevan un número que los identifica. En el caso de Europa, este número va precedido de una E. Ejemplo: E-120

La FDA define como aditivo colorante a algún pigmento o sustancia fabricada u obtenida de vegetales, animales o minerales capaz de colorear alimentos, drogas, cosméticos o alguna parte del cuerpo humano, es capaz (ya sea solo o como consecuencia de reacciones con otras sustancias) de impartir color.

Las fórmulas químicas de los colorantes alimentarios suelen ser muy diferentes y es difícil encontrar una clasificación adecuada, aunque se puede distinguir a qué grupo pertenecen según su estructura química: azoicos, xanténicos, quinoleínicos, trifenilmetánicos, indigoides, ftalocianínicos, etc. (20)

COLORANTES SINTETICOS (20)

Colorantes sintéticos o artificiales, se entiende por éstos los compuestos sintéticos que son desnaturalizados o no están presentes en los alimentos, tales como los derivados del trifenilmetano o azoicos.

Aunque, en general son más resistentes que los colorantes naturales, los colorantes sintéticos presentan también problemas en su uso; por ejemplo en muchos casos se decoloran por acción del ácido ascórbico, efecto importante en el caso de las bebidas refrescantes, en que esta sustancia se utiliza como antioxidante.

Los colorantes artificiales se pueden utilizar en forma soluble, como sales de sodio y potasio, y a veces amonio, en forma insoluble como sales de calcio o

aluminio, o bien absorbidos sobre hidróxido de aluminio formando lo que se conoce como una laca. La utilización de un colorante soluble o insoluble depende de la forma en que se va a llevar a cabo la dispersión en el alimento.

Algunos de ellos son: E-102 Tartracina: su uso está autorizado en más de sesenta países, Estados Unidos e incluyendo CE (Comunidad Europea).

La tartracina es capaz de producir reacciones adversas en un pequeño porcentaje (alrededor del 10%) entre las personas alérgicas a la aspirina, estas personas deben examinar la etiqueta de los alimentos que puedan contener este colorante antes de consumirlos. El mecanismo de esta sensibilidad cruzada no es bien conocido, ya que no existe un parentesco químico evidente entre ambas sustancias.

E-110 Amarillo anaranjado 5: Sus límites legales de utilización son en general iguales o menores a los del E-102.

E-122 Azorrubina o carmoisina: este colorante se utiliza para conseguir el color a frambuesa, su uso no está autorizado en los países Nórdicos, Estados Unidos y Japón. Prácticamente no se absorbe en el intestino.

E-123 Amaranto: Este colorante rojo se ha utilizado como aditivo alimentario desde principios del siglo. Sin embargo, a partir de 1970 se cuestionó la seguridad de su empleo. Esto dio lugar a la realización de diversos estudios; sin embargo, sí quedó claro que uno de los productos de la descomposición de este colorante por las bacterias intestinales era capaz de atravesar en cierta proporción la placenta. Por otra parte, también se ha indicado que este

colorante es capaz de producir alteraciones en los cromosomas. Aunque no se pudieron comprobar fehacientemente los riesgos del amaranto, la FDA, al no considerarlo plenamente seguro, lo prohibió en 1976. En la Comunidad Europea está aceptado su uso, pero algunos países como Francia e Italia lo han prohibido de hecho al limitar su autorización. En general su uso tiende a limitarse en todos los países. Por ejemplo, se ha ido retirando su autorización para colorear diferentes alimentos como los helados o las salsas según se han ido publicando normas nuevas. La tendencia parece ser en todo caso eliminarlo progresivamente de las listas autorizadas, de tal modo que finalmente, aunque esté autorizado genéricamente, no pueda utilizarse en la realidad.

E-124 Rojo de cochinilla A, Rojo ponceau 4R: A pesar de la semejanza de nombres, no tiene ninguna relación (aparte del color) con la cochinilla (E-120), colorante natural.

E-151 Negro brillante BN: no se permite su uso en los países Nórdicos, Estados Unidos, Canadá y Japón.

E-104 Amarillo de Quinoleína: Este colorante es una mezcla de varias sustancias químicas muy semejantes entre sí.

El amarillo de quinoleína es un colorante que se absorbe poco en el aparato digestivo, eliminándose directamente. Aunque no existen datos que indiquen eventuales efectos nocivos a las concentraciones utilizadas en los alimentos, no está autorizado como aditivo alimentario en Estados Unidos, Canadá y Japón, entre otros países.

E-127 Eritrosina: se utiliza en alimentos y en algunas otras aplicaciones.

E-131 Azul patentado V: es un colorante utilizado para conseguir tonos verdes en los alimentos al combinarlo con colorantes amarillos como el E-102 y el E-104. Se ha indicado que puede producir alergias en algunos casos muy raros.

E-132 Indigotina, índigo carmín: Este colorante se utiliza prácticamente en todo el mundo. Se absorbe muy poco en el intestino, eliminándose el absorbido en la orina. No es mutagénico. Está autorizado con los límites generales para los colorantes artificiales.

E-142 Verde ácido brillante B5, verde lisamina: es un colorante cuyo uso no está autorizado en los países Nórdicas, Japón, Estados Unidos y Canadá. Una de las razones fundamentales para la actual limitación de su uso es la falta de datos concluyentes sobre su eventual toxicidad.

E-129 Rojo 40: También conocido como Allura Red AC, pero es llamado más frecuentemente como rojo 40.

Es un polvo de color rojo ladrillo semioscuro que en solución presenta una coloración rojo frutilla muy similar al ponceau 4R, pero con un tono más anaranjado.

E-133 Azul brillante: las aplicaciones de este colorante sirven para conseguir tonos verdes principalmente, al combinarlo con colorantes amarillos.

Físicamente es un polvo muy fino de color violeta oscuro, en solución presenta una coloración azul ligeramente verdosa. (20)

Los colorantes sintéticos deben de reunir una serie de características, para asegurar su buen uso.

Los requisitos exigidos son:

- Ser inocuo.
- Constituir una especie definida y pura.
- Tener gran poder tintorial, con objeto de utilizar la mínima cantidad posible, y ser fácilmente incorporable al producto.
- Ser lo mas estable posible a la luz y al calor.
- Poseer compatibilidad con los productos que deben teñir.
- No poseer olor ni sabor desagradables.
- Ser indiferente al pH, agentes oxidantes y reductores.
- Ser lo mas económico posible.

Factores que contribuyen a la inestabilidad:

- Trazas de metales.
- Altas temperaturas.
- Agentes óxido-reductores.
- Luz.
- pH.

Los aditivos que son utilizados como sustancias colorantes pueden ser obtenidos por síntesis química en la industria (colorantes sintéticos) o provenir de fuentes naturales como los vegetales (colorantes o pigmentos naturales).

En los últimos tiempos los colorantes sintéticos han sido cuestionados debido a sus efectos toxicológicos, inclusive algunos han sido eliminados de algunas legislaciones. Lo anterior aunado a la tendencia que tienen los consumidores, sobre todo en los países desarrollados, a consumir alimentos con mínimo o nulo contenido de sustancias sintéticas; ello a provocado que el uso de colorantes naturales vaya en aumento y sustituyendo a los sintéticos. ⁽²⁵⁾

Espectroscopia infrarroja

La espectroscopia infrarroja es un método que sirve para identificar compuestos cuyas moléculas contengan uniones covalentes. Debido a esto, los espectros correspondientes proporcionan información mucho más detallada acerca de la estructura molecular de los compuestos.

Espectros de Sólidos

Cuando la muestra es un sólido se puede preparar de la siguiente manera:

- Pastilla o comprimidos de Bromuro de Potasio.
- Dispersión en Nujol (parafina líquida)

-Pastilla o comprimidos de Bromuro de Potasio

El dispositivo está diseñado para presionar una mezcla de bromuro de potasio y la muestra problema, en un disco delgado de 13 mm de diámetro, el cual se usa en la determinación analítica.

La pastilla comprimida puede ser usada inmediatamente o conservada en atmósfera seca para determinaciones futuras.

El uso de Bromuro de Potasio, calidad analítica, es lo más adecuado, ya que el material impuro dará interferencia, el KBr grado espectroscópico de Harshaw cuyo graneado va de 200-325 mallas, es el más indicado y debe permanecer en un desecador o preferiblemente en una estufa al vacío a 105 °C.

-Dispersión en Nujol (parafina líquida)

El líquido más comúnmente utilizado para dispersión es un aceite mineral que se conoce con el nombre de Nujol, éste es transparente en el infrarrojo excepto en las zonas de absorción características de los enlaces C-H aproximadamente 2950, 1450 y 1375 cm^{-1} . Se debe usar Nujol (parafina líquida) calidad espectroscópica.

Teoría de Absorción de la Radiación Infrarroja

La espectroscopia de absorción infrarroja es otra técnica que también se emplea en la química analítica, como los métodos UV y visible.

La absorción de radiación en la región del IR puede dar información acerca de

la naturaleza de los compuestos, de la existencia o no de grupos funcionales y de la estructura de las moléculas. La absorción IR es una de las técnicas fundamentales en el análisis cualitativo y muy valiosa para identificar grupos funcionales.

La región del infrarrojo es una determinada zona de la radiación electromagnética, situada más allá de la parte roja de la región visible. Como toda radiación electromagnética, la radiación infrarroja es un movimiento ondulatorio, formado por un campo eléctrico oscilante, perpendicular a la dirección de propagación, y un campo magnético oscilante, con la misma frecuencia y perpendicular al campo eléctrico. ⁽¹³⁾

Aplicaciones

La espectrofotometría infrarroja tiene el potencial para determinar un sinnúmero de sustancias en virtud de que casi cualquier especie absorbe en esta región. Además la peculiaridad de cada espectro IR proporciona un alto grado de especificidad que solo es igualado o superado por muy pocos métodos analíticos.

En síntesis, los métodos de análisis por IR se aplican principalmente para identificar compuestos y establecer o confirmar estructuras de las moléculas. ⁽¹⁰⁾

3.2 Taxonomía De La Planta



Fig. N° 1 **Árbol, Flor y Fruto del Aguacate**

El aguacate pertenece a la familia ***Lauraceae*** y en la actualidad el género *Persea* contiene alrededor de 85 especies y la mayoría se encuentra desde el sur de los Estados Unidos de Norteamérica hasta Chile. Solo las excepciones *Persea indica*, se encuentran en las Islas Canarias (España) y probablemente otras al sur de Asia que se piensa pertenecen a *Persea*.

El aguacate pertenece al género *Persea*, el cual a su vez se divide en dos subgéneros; *Persea* y *Eriodhapne*, cuya principal forma de distinción es por la pubescencia de la cara interior de los sépalos; *Persea* tiene ambas caras pubescente y en *Eriodhapne* la cara interna es sin pubescencia con la excepción de ***Persea rigens*, *Persea cinerascens***.

El aguacate cuya especie es *Persea americana Mill*; pertenece al subgénero *Persea*, que se conoce como el de los verdaderos aguacates y que son de un tamaño mayor que los del otro subgénero.

Árbol Grande o de tamaño mediano, frecuentemente de 20 m de alto con una copa muy densa, redondeada o alargada, y ramas jóvenes glabras puberulentas o pilosas, frecuentemente glaucas. Hojas con pecíolos delgados de 2 a 6 cm de largo, de ovals a elíptica, obovados-ovales o algunas veces ovadas; la mayoría de 10 a 30 cm de largo, agudas o acuminadas; desiguales en la base y de agudas a redondas, cartáceas, penninervias, verde oscuras en la haz, frecuentemente lustrosas, pálidas y glaucas por el envés, glabras, casi glabras o pilosas, con pelos cortos y esparcidos, especialmente a lo largo de las nervaduras. Inflorescencias, panículas densamente grisáceo-puberulentas o séricas, pocas o muchas cerca de las terminaciones de las ramas de 6 a 20 cm de largo, pedunculadas; los pedicelos delgados, de 3 a 6 mm de largo, perianto pálido.

Originaria del Caribe, Centro América y México. Crece en altitudes de 100 a 2600 m.s.n.m. Cultivada en huertos familiares o bosques caducifolio (Oaxaca); bosques de encino (Chiapas); bosques de pino-encino (Guerrero, Morelos, Tamaulipas); bosques templado húmedo o mesófilo (Chiapas); Valle (Chiapas, Jalisco, Querétaro); zonas perturbadas por actividades humanas (Veracruz).

Cuadro N° 2 **Composición Química del Aguacate por 100%**

| Componente | % |
|---------------------|----------|
| Agua | 64,5 |
| Proteína | 1,7 |
| Grasa | 26,4 |
| Hidratos de carbono | 5,1 |
| Calorías | 264 |

Hábitat:

Originario de América Central, su cultivo se ha extendido a otras regiones tropicales y subtropicales del planeta. En España, se cultiva en los valles subtropicales del mediodía peninsular en las provincia de Granada y Málaga y en las Canarias.

Partes Utilizadas:

Los frutos (pulpa y semillas) y las hojas.

Historia

El auácatl o aguacate es un árbol originario de América. Los antiguos mexicanos denominaron auácatl al fruto y aucaquáhuitl al árbol, aunque la misma planta también recibió el nombre de páuatl. La etimología del nombre es incierta; la palabra auácatl se emplea en la lengua náhuatl también para designar a los testículos quizá por asociación morfológica con el fruto cuando cuelga en el árbol. Desde los tiempos remotos esta planta ha sido valorada por sus propiedades alimentarias y exquisito sabor, le dio a la planta el calificativo de *Persea gratissima*, según la nomenclatura botánica de otros tiempos.

Para los indígenas informantes de fray Bernardino de Sahagún en el siglo XVI, el uso medicinal del auácatl se limitaba a su semilla o cuesco, el cual, molido y untado, era benéfico en el tratamiento de infecciones de las orejas para las postillas y la sarna, contra las llagas podridas y lesiones del cuero cabelludo y caspa.

La única contraindicación en el uso del aguacate, según esta misma fuente, se refiere a que no debían usarlo las mujeres durante el tiempo que amamantaban a sus hijos; para ellas, el consumo de fruto del aguacate estaba prohibido, porque al hacerlo: “causan cámaras (diarreas) a los niños que amamantan”.

Las características y propiedades del auca-guáhuítl o “árbol parecido al encino y que da fruto”; lo prefiere al “ahoácatl del monte” y al “tlalahoácatl o ahoácatl chico” que eran considerados variedades del mismo árbol. Las hojas del aguacate se califican como olorosas y de “temperamento caliente y seco en un segundo grado”, según la clasificación característica de la medicina española de aquel entonces de corte galenohipocrático. Tales propiedades hacen a las hojas idóneas para ser empleadas en lavatorios. El fruto, también “caliente”, excita-dice protomédico-extraordinariamente el apetito venéreo y aumenta el semen. Probablemente desde entonces se estableció la relación entre supuestas propiedades afrodisíacas atribuidas al fruto y el nombre indígena de la planta (testículo) que origina la creencia de que todavía prevalece en nuestros días. Como producto medicinal del aguacate el aceite obtenido por prensado de las semillas, benéfico en el salpullido y las cicatrices, favorables a

los disentéricos porque lo halla astringente y por último el mismo aceite evita que los cabellos se partan.

Durante el siglo pasado el uso medicinal que pudiera hacerse de tal célebre fruto interesó a los científicos mexicanos, que para entonces, los usos medicinales del aguacate habían aumentado y todas sus partes figuraban en la farmacopea indígena. Se considera peligrosa la utilización de infusiones de la semilla con fines tónicos y administrados por vía oral, ya que se afirma que contiene principios que desarrollan el ácido cianhídrico. Aunque se reitera que el aceite de la semilla esta indicado en las inflamaciones de la piel y los procesos reumáticos, se le atribuyen a la planta otros usos como el cocimiento de semillas para hacer desaparecer el dolor de muela, el cocimiento de hojas contra las calenturas intermitentes (paludismo) y con base en las investigaciones de un autor francés, le adjudica propiedades emenagogas y abortivas. ⁽⁵⁾

Usos Etnomédicos del Aguacate

En Cuba, las hojas se usan como astringente para curar las llagas, los leños se usan en la diarrea y los cogollos en los resfriados. La raíz y las hojas fortalecen al estómago. ⁽¹⁵⁾

En El Salvador, se usa como antidiarreico. Las raíces se emplean contra hidropesías, tomando el cocimiento por largo tiempo. Es astringente, antiparásito, resolutivo y antiespasmódico. ⁽¹⁸⁾

En Colombia, las hojas se consideran estimulantes y antiespasmódicas. La corteza y las hojas sirven para la disentería y diarrea. Es un remedio cuando los dientes se destemplan. Los cogollos y las hojas son tónicos de cabello evitan la alopecia. Los frutos se usan en diarrea y disentería y las semillas para diabetes. ⁽⁵⁾

En México, se emplean las hojas, la cáscara del fruto y la semilla. El aceite extraído de la semilla por compresión se usa desde hace siglos para el tratamiento del cabello reseco y otros males del cuero cabelludo; también como ungüento para aliviar el dolor y suavizar la piel de zonas lastimadas. La cáscara del fruto, seca y molida, se usa como antidisentérico, al igual que la infusión con base en sus hojas empleadas para lavar padecimientos infecciosos e inflamatorios de la piel. La misma infusión se utiliza en el tratamiento de diversas diarreas infecciosas y en casos de indigestión. ⁽¹⁶⁾

La información bibliográfica reciente sobre estudios fotoquímicos y farmacológicos del aguacate demuestra la presencia de compuestos con actividad antimicrobiana en la cáscara del fruto y en la semilla. Estas investigaciones fundamentan el amplio uso que la población hace de este vegetal para combatir diversos padecimientos infecciosos.

Química

El estudio químico del aguacate ha estado dirigido fundamentalmente hacia el fruto en vista de su valor alimentario. La pulpa y la semilla son ricas en ácidos

grasos tales como: oleico, linoleico, palmitico esteárico, linolénico, cáprico y mirístico que forman el 80% del contenido graso del fruto.

El aceite de la semilla es abundante en tocoferol. Otros productos presentes en el fruto son el escualeno y un grupo de numeroso de hidrocarburos alifáticos y terpénicos, esteroides (especialmente β -sitosterol) y un poliol no saturado.

Respecto a los aminoácidos existentes en la pulpa, se tiene: el ácido aspártico y el glutámico, acompañados de leucina, valina y licina. Se ha demostrado en el fruto la existencia del ácido gammaminobutírico (GABA) en cantidades importantes. De entre ellos los glúcidos sobresale la d-perseita o D- α -manoheptita y la D-manoheptulosa y el persiteol o D-glicerol, (+)-galactoheptitol. La protocianidina, la carnitina y un alto contenido en carotenoides en la semilla. Las hojas de este árbol contienen primordialmente un aceite esencialmente amarillo verdoso, compuesto de estragol, (+)-pineno, cinelo, transanetol, alcanfor y trazas de ácido enántanico, gammametilionona, betapineno y limoneno. Los extractos acuosos a base de hojas de aguacate, además de su alto contenido en aceite esencial, poseen dopamina y serotonina, flavonoides (quercetol), perseita, persiteol, y un principio amargo llamado abacatina.

Toxicidad

El cocimiento de las semillas no está indicado para niños. La FDA clasifica el aceite como veneno narcótico activo con toxicidad aguda y crónica. La intoxicación presenta convulsiones, mareos insomnios, vértigo, demencias y muerte. Esta contraindicado en el embarazo. El fruto verde es venenoso. ⁽¹⁸⁾

Farmacología y Actividad Biológica

El mesocarpio del fruto es rico en fósforo, hierro, vitamina A, tiamina, riboflavina, niacina y ácido ascórbico, por lo que su contenido cremoso es valorado como producto alimenticio.

Algunos extractos orgánicos de las semillas de aguacate poseen actividad antimicrobiana sobre *Escherichia coli*, *Micrococcus pyogenes*, *Sarcina lutea* y *Staphylococcus aureus*.

Por otra parte, los compuestos alifáticos de cadena larga, aislados de la cáscara del fruto, como el 1, 2, 4, trihidroxi-n-heptadeca-16-eno, han demostrado actividad bactericida sobre microorganismos gram positivos como *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Salmonella typhi*, *Shigella dysenteriae*, *Staphylococcus aureus*.

Se ha reportado la actividad anticancerosa de extractos de hojas y de tallos frescos de aguacate en animales con tumores transplantables de adenocarcinoma 755 y las propiedades citotóxicas, in Vitro, de algunos de los compuestos químicos, aislados del fruto.

Propiedades e Indicaciones:

La pulpa del fruto del aguacate contiene 255 unidades de lípidos (grasa), constituido por los ácidos oleico (monoinsaturados) y palmítico (saturado), además de glucidos, proteínas, sales minerales y vitaminas. Destaca especialmente su elevado contenido de hierro y en vitamina B6.

Tiene propiedades antianémicas, hipolipemiantes y digestivas. Su consumo está indicado en caso de anemia, agotamiento, aumento de colesterol, hipertensión, gastritis y úlcera gastrointestinal.

El aceite de aguacate, cuyas aplicaciones más destacadas son:

- Afecciones de la piel: piel seca o agrietada. Hidrata y embellece el cutis, por lo que forma parte de numerosos preparados de belleza y cosméticos.
- Elimina la caspa
- Alivia los dolores reumáticos.

Preparación y Empleo:

Uso Interno

- Infusión
- Decocción

Uso Externo

- Aceite de aguacate
- Cataplasma ⁽⁶⁾

CAPITULO IV
DISEÑO METODOLÓGICO

4.0 DISEÑO METODOLOGICO

4.1 Tipo de estudio:

Retrospectivo: Porque el investigador indaga sobre hechos ocurridos en el pasado (antecedentes).

Prospectivo: Porque el investigador registra la información, según van ocurriendo los fenómenos.

Experimental: Porque parte de la investigación se realizará en los laboratorios haciendo uso de los diferentes equipos instrumentales y cristalería.

4.2 Metodología

La metodología se desarrolló en tres etapas:

Investigación bibliográfica

Investigación de campo

Investigación de laboratorio

4.2.1 Investigación bibliográfica

Se realizaron visitas a las diferentes bibliotecas de la Universidad de El

Salvador (UES), entre ellas podemos mencionar:

Dr. Benjamín Orozco de la Facultad de Química y Farmacia

Facultad de Ciencias Agronómicas

Biblioteca Central

Información obtenida de Internet.

4.2.2 Investigación de campo:

Universo: Especies vegetales que producen colorantes de la flora Salvadoreña.

Muestra: Semilla de *Persea americana M.* (Aguacate)

Tipo de muestreo

Al azar dirigido puntual ya que dicha recolección de muestra se realizó en la zona del Cantón el Limón, Municipio de Soyapango departamento de San Salvador debido a que dicha especie: *Persea americana M.* (Aguacate), se encuentra en dicho terreno facilitando la recolección de la muestra.

Periodo de recolección de muestra

La recolección de muestras se llevó acabo en la época de cosecha del fruto del aguacate que es entre (Abril-Agosto de 2007).

Recolección de muestras

Del árbol del aguacate se recolectó el fruto, tomando como criterio para la recolección el índice de madurez, del cual se obtuvo la semilla del fruto, tomando un tamaño de muestra de 10 unidades cada semilla tiene un peso de 78.5 g aproximadamente, la que posteriormente se cortó en cuatro secciones facilitando con ello el proceso de molienda.

Preparación de la muestra

Las muestras recolectadas se sometieron a un procedimiento de limpieza, mediante la utilización de solución diluida de hipoclorito de sodio al 10%, para eliminar los restos de pulpa y otras impurezas que puedan interferir en el proceso, posteriormente se paso por un molino para obtener un menor tamaño de partícula. (Ver Anexo 6)

4.2.3 Investigación de laboratorio

Técnica N° 1: **Extracción de colorante con NaOH 0.5%**

Colocar en un balón de fondo redondo de 250 mL,

10 g de semilla previamente molidas



Agregar un volumen de 200 mL Hidróxido de Sodio al 0.5% (pH=12),

reflujar a una temperatura de 80 °C por 2 horas y filtrar



Evaporar a 75°C el filtrado

hasta concentrar a 50 mL (Ver Anexo 7)

Técnica N° 2: Extracción con Alcohol Etílico Acidificado

Colocar en un balón de fondo redondo de 250 mL,

10 g de semillas previamente molida



Añadir un volumen de 200 mL de Etanol acidificado, refluja a una temperatura de

80 °C por 2 horas y filtrar



Evaporar a 75°C el filtrado

hasta concentrar a 50 mL (Ver Anexo 7)

Pruebas Cualitativas para la Identificación de Metabolitos

Secundarios ⁽⁹⁾

Extracción con Alcohol

Colocar en un balón de fondo redondo de 250 mL,

10 g de semillas previamente molidas



Añadir un volumen de 200 mL de Etanol al 80%,

Extracción a una temperatura de 80 °C

por 2 horas y filtrar.

Extracción con Agua Destilada

Colocar en un balón de fondo redondo de 500 mL,

75 g de semilla previamente molida



Añadir un volumen de 200 mL de agua destilada,

reflujar por 1 hora y filtrar. (Ver Anexo 8)

Se utilizaron reactivos específicos para la identificación de metabolitos secundarios, mediante el ensayo fitoquímico preliminar a extractos etanólico, pruebas tales como: Glicósidos Saponinicos (Liebermann-Burchard, Salkowski), Taninos (Solución de tricloruro de hierro, Dicromato de potasio), Alcaloides (Dragendorff, Mayer, Wagner), Sesquiterpenlactonas (Legal, Baljet), Glicósidos Flavonoides (Shinoda), y en extracto acuoso las siguientes pruebas: Glicósidos Flavonoides (NaOH 10%), Glicósidos Cardiotónicos (Legal, Keller-Killiani).

-Identificación de glicósido saponínicos

Prueba de Liebermann-Burchard:

Del filtrado etanólico, tomar 20 mL y concentrar a 10 mL, agregar 5 mL de ácido sulfúrico diluido. Hervir cuidadosamente durante 10 minutos enfriar y colocar en un embudo de separación, adicionar 20 mL de cloroformo y agitar. Separar el extracto clorofórmico y concentrar hasta 2 mL, colocar en un tubo de ensayo y añadir 1 mL de anhídrido acético y 6 gotas de ácido sulfúrico concentrado por las paredes del tubo. Observar la formación de un anillo violeta-azul.

Prueba de Salkowski:

Del filtrado etanólico, tomar 2 mL de extracto previamente concentrado y agregar 10 gotas de ácido sulfúrico concentrado, gota a gota por las paredes del tubo, notar cualquier cambio de color inmediato o gradual. Observar la formación de un anillo café.

-Identificación de Taninos**Solución de Tricloruro de hierro al 5%:**

Del filtrado etanólico, tomar 10 mL, concentrar a 5 mL, tomar 2 mL de la solución concentrada y agregar 5 gotas de solución de tricloruro de hierro al 5%. Observar la formación del color azul-negro.

Solución de Dicromato de potasio:

Del filtrado etanólico, a 2 ml de la solución, agregar 1 mL de solución de Dicromato de potasio. Observar la formación de un precipitado café rojizo.

-Identificación de Alcaloides**Prueba de Dragendorff:**

Del filtrado etanólico, tomar 20 mL y concentrar el extracto casi a sequedad, agregar 25 ml de cloroformo y acidificar con HCl 1 N hasta pH 1-2, separar las dos fases.

Con la fase ácida realizar la prueba de identificación por precipitación.

Tomar 2 mL de la fase ácida en un tubo de ensayo y agregar 10 gotas del reactivo de Dragendorff. Observar la formación de un precipitado Anaranjado.

Prueba de Mayer:

Tomar 2 mL de la fase ácida en un tubo de ensayo y agregar 10 gotas del reactivo de Mayer. Observar la formación de un precipitado beige.

Prueba de Wagner:

Tomar 2 mL de la fase ácida en un tubo de ensayo y agregar 10 gotas del reactivo de Wagner. Observar la formación de un precipitado rojizo.

-Identificación de Sesquiterpenlactonas**Prueba de Legal:**

Del filtrado etanólico, tomar 20 mL y concentrar, al extracto concentrado agregarle 75 mL de acetato de plomo trihidratado al 5%.

Dejar reposar por 12 a 15 horas y filtrar por decantación.

Al filtrado hidroalcohólico hacerle dos extracciones con 50 mL de cloroformo, reunir las fracciones clorofórmicas y eliminar el exceso de sub-acetato de plomo con repetidos lavados con agua destilada a la capa clorofórmica en una ampolla de separación. Eliminar la capa acuosa. Secar la capa clorofórmica con sulfato de sodio anhídrido y filtrar.

Concentrar la capa clorofórmica hasta 25 mL, realizar la prueba de identificación. Tomar 1 ó 2 mL de la solución clorofórmica llevarla a sequedad, agregarle 5 gotas de piridina, 5 gotas de solución de Nitroprusiato de Sodio al 0.5% (reciente), 5 gotas de Hidróxido de Sodio 2N. Las lactonas β -insaturadas dan positiva la prueba con la formación de color Rojo.

Prueba de Baljet:

Tomar 2 mL de la solución clorofórmica, añadir 10 gotas del reactivo formado por mezcla de volúmenes iguales de solución A y solución B,

(la solución A es ácido pícrico en solución etanólica y la B es Hidróxido de sodio en solución acuosa). Observar la formación de una coloración anaranjada o roja oscura.

-Identificación de glicósidos Flavonoides

Prueba de Shinoda:

Del filtrado etanólico, Tomar 10 mL y concentrar hasta 5 mL, al concentrado añadir una laminilla de Magnesio metálico y 1 mL de ácido clorhídrico concentrado. Observar el color desarrollado.

Prueba con Hidróxido de Sodio 10 %:

Del filtrado acuoso, tomar 20 mL concentrar hasta 10 mL en un tubo de ensayo. Colocar 5 mL del extracto y añadir 1 mL de NaOH 10%. Observar el color azul formado.

Los extractos acuosos, muestran variación de color cuando se les adiciona un álcali:

Flavonas y Flavonoles (amarillo)

Flavonas e isoflavononas (diferentes tonos de rojo)

Chalconas (púrpura rojizo)

Flavonoles (café anaranjado)

Antocianinas (azul)

-Identificación de glicósidos cardiotónicos

Prueba de Legal:

Del filtrado acuoso, agregar a 50 mL, 75 mL de acetato de plomo al 10% y agitar. Colocar el filtrado en una ampolla de separación y hacerle dos extracciones con 20 mL de acetato de etilo a cada una. Reunir ambas porciones de acetato de etilo y concentrarlas hasta unos 10 mL. Realizar las siguientes pruebas.

Tomar 2 mL de la solución y llevarla a sequedad, agregar 2-3 gotas de piridina, 1 ó 2 gotas de la solución de nitroprusiato de sodio 0.5 %, 1-3 gotas de hidróxido de sodio 2 N. En caso positivo aparece una coloración rojo intenso.

Prueba de Keller-Killiani:

Tomar 2 mL de la solución, colocarla en un tubo de ensayo y evaporar en baño maría. Disolver el residuo en 2 mL de reactivo de Keller (ácido acético glacial conteniendo trazas de tricloruro de hierro), añadir cuidadosamente gotas de reactivo de Killiani (H_2SO_4 concentrado con trozos de sulfato ferroso).

-Identificación por Espectroscopia Infrarroja del Colorante

Esta se realizó en el departamento de control de calidad en la sección físico químico del Laboratorio farmacéutico López.

Preparación de la muestra

Una parte sencilla pero importante, de la obtención de espectros infrarrojos es la preparación de la muestra, ya que de ella depende bastante la calidad del

espectro. Pueden registrarse espectros infrarrojos de sustancias en fase gaseosa, líquida y sólida, así como en disolución. Normalmente, la muestra cuyo espectro se desea obtener se coloca en una celda adecuada entre la fuente de radiación y la rendija de entrada del monocromador.

Lectura Directa de las muestras

-Para ello se utilizó un Espectrofotómetro Infrarrojo con las siguientes especificaciones:

Marca: Perkin Elmer

Modelo: RX1

Material de las celdas: Bromuro de Potasio.

-Se procede a deshidratar la muestra

-Colocar la muestra en la celda de bromuro de potasio después de secada

-Realizar la lectura de la muestra

-Imprimir el espectro cuando indique el equipo que ha finalizado la lectura.

Identificación por Espectroscopia ultravioleta del colorante

Esta se realizo en las instalaciones de CENSALUD de la Universidad de El Salvador.

Preparación de la muestra del colorante para la lectura en ultravioleta (Ver Anexo 5)

Proceder a realizar diluciones hasta obtener soluciones transparentes que permitan ser atravesadas por el haz de luz del equipo y de esta manera facilitar la lectura en las mismas, esto se realizó en el colorante obtenido con Hidróxido de sodio como el obtenido con Alcohol etílico acidificado.

Lectura directa de las muestras

-Para ello se utilizó un Espectrofotómetro Ultravioleta con las siguientes especificaciones:

Marca: Perkin Elmer

Modelo: Lambda 35

Material de las celdas: Cuarzo

-Se realizó un barrido en la escala de 600-190 nm, se colocó el blanco (agua destilada) en las celdas, se ubicaron estas en ambos compartimientos (muestra y referencia), debido a que el equipo es de doble haz; se observó que el equipo corrige a un valor de cero de absorbancia a la longitud de onda seleccionada

-Luego se retira la celda con el blanco que se encuentra ubicada en el frente del compartimiento y se sustituye con muestra. Se observó en la parte superior derecha de la pantalla, el valor de absorbancia generado por la muestra a la longitud de onda correspondiente

-Para la impresión del espectro de absorción, se espera a que aparezca la señal en la pantalla del monitor de la computadora, que indique que la lectura ha terminado, y luego se procede a imprimir el espectro. (Ver Anexo 9)

Prueba de fijación de color en tres tipos de fibras naturales

Para la fijación de color, esta se llevó a cabo utilizando tres tipos de fibras naturales tales como: algodón, lana y lino; así como también en prenda de vestir de algodón; se preparó una segunda extracción por duplicado para el ensayo, utilizando un mayor peso de semilla de aguacate previamente molida 187.5 g (Que es el equivalente a 3 semillas) con un volumen mayor de Hidróxido de Sodio 0.5% de 750 mL, refluendo de igual manera y en las mismas condiciones del primer ensayo.

Además se utilizó un agente mordiente para tratar previamente las muestras y fijar el color en la fibra, tales como: Sulfato de Sodio (Na_2SO_4), Sulfato de Cobre Pentahidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) y Sulfato Ferroso (FeSO_4).

Para llevar a cabo dichas pruebas se realizaron dos ensayos diferentes:

-La primera consiste en preparar dos soluciones saturadas de Sulfato de Sodio y Sulfato de Cobre Pentahidratado.

-La segunda en preparar soluciones al 2, 4 y 8 % p/v de Sulfato de Cobre Pentahidratado y sulfato de hierro respectivamente. (Ver Anexo 10)

En ambos ensayos se utilizaron diluciones de 5, 15 y 25 % v/v del colorante.

-Preparación de las diluciones del colorante a partir del concentrado (Ver Anexo 11)

Se prepararon las diluciones por cuadruplicado al 5, 15 y 25 % v/v del colorante de la siguiente manera:

- Tomar alícuotas de 12.5, 37.5 y 62.5 mL del colorante concentrado
- Transferir cada alícuota a un balón volumétrico de 250 mL
- Aforar con agua destilada.

-Procedimiento para la fijación de color

Prueba con soluciones saturadas de agente mordiente:

-Sumergir las tres muestras de tela en cada una de las soluciones saturadas de Sulfato de Sodio y Sulfato de Cobre Pentahidratado, y dejarlas reposar por una hora.

-Luego sumergir los tres tipos de fibra (Algodón, Lino y Lana) en cada una de las diluciones del colorante al 5, 15 y 25 % v/v,

Prueba con soluciones al 2, 4 y 8 % p/v de agente mordiente:

-Sumergir previamente las tres muestras de tela en una de las soluciones del mordiente preparadas al 2 % de Sulfato de Cobre Pentahidratado o Sulfato de Hierro, y dejarlas reposar por una hora.

-Luego sumergir las muestras de tela en cada una de las concentraciones del 5,

15 y 25 % de la solución coloreada, calentar por una hora y retirar las muestras de la solución

-Proceder de igual manera con cada una de las muestras preparadas con los otros mordientes en las soluciones del 4 y 8 %, para el Sulfato de Cobre Pentahidratado y para el Sulfato de Hierro.

-Luego se procede a lavar las muestras con un detergente

-Dejar secar las fibras para observar el grado de fijación del color según la concentración del colorante en solución.

CAPITULO V
RESULTADO E INTERPRETACIÓN

5.0 RESULTADO E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Cuadro N° 3 Extracción del colorante de la semilla de aguacate

| Cantidad | Solvente | Tiempo | Temperatura | Resultado |
|----------|--|----------|-------------|---------------|
| 10 g | NaOH 0.5 % | 120 min. | 80 °C | Color café |
| 10 g | CH ₃ CH ₂ OH acidificado | 120 min. | 80 °C | Color naranja |

Se realizaron extracciones con dos tipos de solvente utilizando el metodo de reflujo, manteniendo las mismas condiciones (cantidad, tiempo y temperatura) en ambas extracciones, al final se obtiene un extracto de color café con NaOH 0.5% y otro de color naranja con Alcohol Etílico Acidificado. (Ver Anexo 7)

Después de haber obtenido los extractos éstos se concentran, luego se secan a una temperatura de 40°C por 12 horas para obtener el colorante en polvo como se había propuesto inicialmente. Debido a que no se cuenta con un equipo de liofilización para obtener productos completamente secos y libres de humedad, el resultado obtenido es un residuo de consistencia pastosa. (Ver Anexo 7, Fig. N° 19 y 20)

Como no se obtuvo el resultado esperado se optó por dejar el colorante en solución concentrada, a partir de un volumen obtenido de 180 mL del extracto coloreado, el cual se concentro hasta un volumen de 50 mL.

Cuadro N° 4 Identificación Fitoquímica de Metabolitos Secundarios en
 Extracto Etanólico de la semilla del *Persea americana M.*
 (Aguacate)

| Determinación | Extracto | Prueba | Esperado | Resultado |
|------------------------|-------------------|----------------------|-------------------------------------|-----------|
| Glicósidos Saponinicos | 2 mL del Extracto | Liebermann-Burchard | Anillo Violeta-Azulado | + |
| | | Salkowski | Anillo Café | + |
| Taninos | 2 mL del Extracto | Tricloruro de Hierro | Coloración Azul-Negro | + |
| | | Dicromato de Potasio | Precipitado Café-Rojizo | + |
| Alcaloides | 2 mL del Extracto | Dragendorff | Precipitado Anaranjado | + |
| | | Mayer | Beige | + |
| | | Wagner | Anaranjado-Café | + |
| Sesquiterpenlactona | 2 mL del Extracto | Legal | Formación de Color Rojo | - |
| | | Baljet | Coloración Anaranjada o Roja Oscura | - |
| Glicósidos Flavonoides | 2 mL del Extracto | Shinoda | Coloración Roja | + |

+: Resultados positivos

-: Resultados negativos

Cuadro N° 5 Identificación Fitoquímica de Metabolitos Secundarios en Extracto Acuoso de la semilla del *Persea americana M.* (Aguacate)

| Determinación | Extracto | Prueba | Esperado | Resultado |
|-----------------------------|-------------------|---------------------------|----------------------------|-----------|
| Glicósidos Cardiotónicos | 2 mL del Extracto | Legal | Coloración Roja | + |
| | | Keller-Killiani | Coloración Roja | + |
| Glicósidos Flavonoides | 2 mL del Extracto | Hidróxido de Sodio al 10% | Coloración Anaranjado-Café | + |

+: Resultados positivos

-: Resultados negativos

En cuanto a la identificación de metabolitos secundarios tanto en extracto alcohólico como en acuoso (cuadro N° 4 y N° 5), se determinó la presencia de metabolitos tales como: glicósidos saponinicos, taninos, alcaloides, glicósidos flavonoides, glicósidos cardiotónicos, a excepción de sesquiterpenlactona; siendo para los intereses de esta investigación la prueba más importante la de los flavonoides, por ser la que determina la presencia de color en la especie vegetal. (Ver Anexo 8)

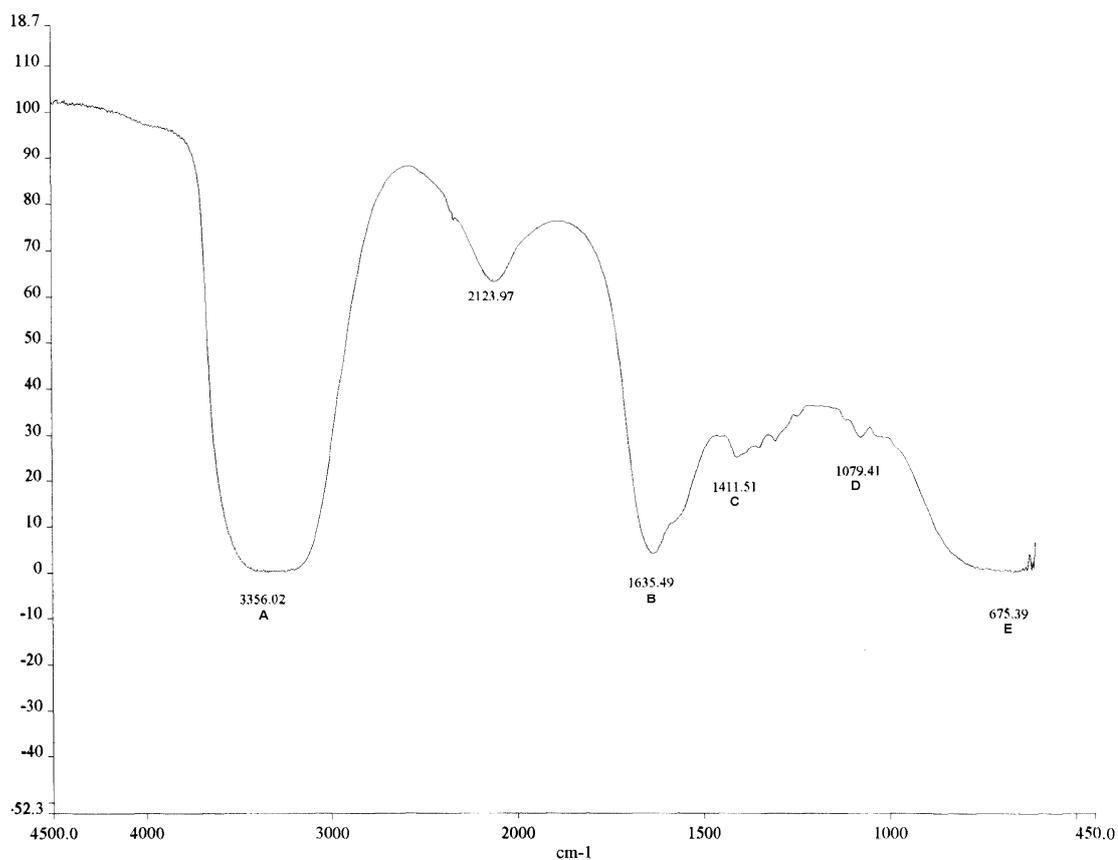


Fig. N° 2 Espectro Infrarrojo del Extracto Alcalino.

El espectro muestra que el colorante de la semilla del aguacate posee las siguientes bandas de absorción:

Cuadro N° 6 Bandas Características del Colorante

| Banda | Frecuencia cm^{-1} | Tipo de enlace |
|-------|-----------------------------|--|
| A | 3356.02 | O-H de estiramiento |
| B | 1635.49 | C=O del anillo aromático |
| C | 1411.51 | C=C de estiramiento del anillo aromático |
| D | 1079.41 | C-O de estiramiento |
| E | 673.39 | O-H de formación fuera del plano |

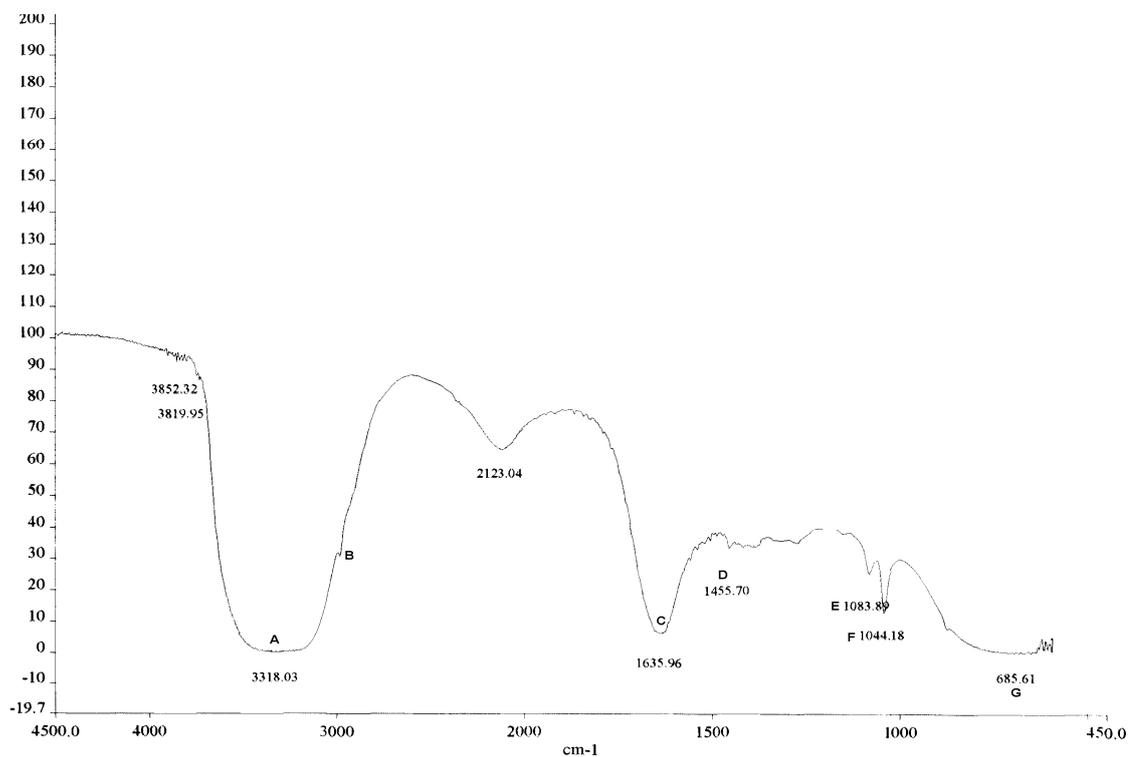


Fig. N° 3 Espectro Infrarrojo del Extracto Etanólico.

El espectro muestra que el colorante de la semilla del aguacate posee las siguientes bandas de absorción:

Cuadro N° 7 Bandas Características del Colorante

| Banda | Frecuencia cm^{-1} | Tipo de enlace |
|-------|-----------------------------|---|
| A | 3318.03 | O-H de estiramiento |
| B | 3000.00 | =C-H de estiramiento del anillo aromático |
| C | 1635.96 | C=O del anillo aromático |
| D | 1455.70 | C=C de estiramiento del anillo aromático |
| E | 1083.89 | C-O de estiramiento |
| F | 1044.18 | C-H de formación fuera del plano |
| G | 685.81 | O-H de formación fuera del plano |

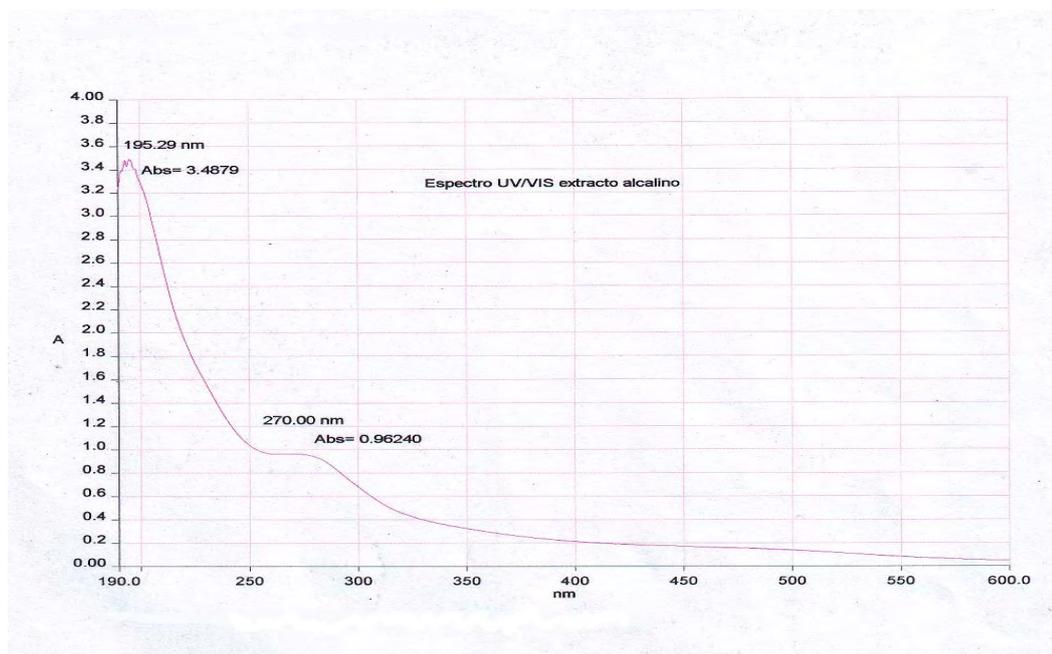


Fig. N° 4 Espectro Ultravioleta Visible con Hidróxido de sodio 0.5%

Inicialmente se realizó un barrido en la escala de 600-190 nm el cual el equipo corrige automáticamente a un valor de cero de absorbancia.

El extracto alcalino muestra variación de color debido a la presencia de flavonas, teóricamente se sabe que las moléculas en que hay átomos con electrones solitarios, dobles o triples enlaces aislados (grupos cromóforos), absorben con cierta intensidad y según las condiciones cuánticas en la región de 150-200 nm (ultravioleta lejano). Según el espectro UV del extracto alcalino muestra una banda de absorción intensa con un máximo de absorbancia en $\lambda = 195.29$ nm y otra menos intensa con un máximo de absorbancia de $\lambda = 270.0$ nm, estas dos bandas son características de las antocianinas. Por lo tanto el valor de la longitud de onda se encuentra dentro del rango es por ello que se afirma que son las flavonas las causantes del color.

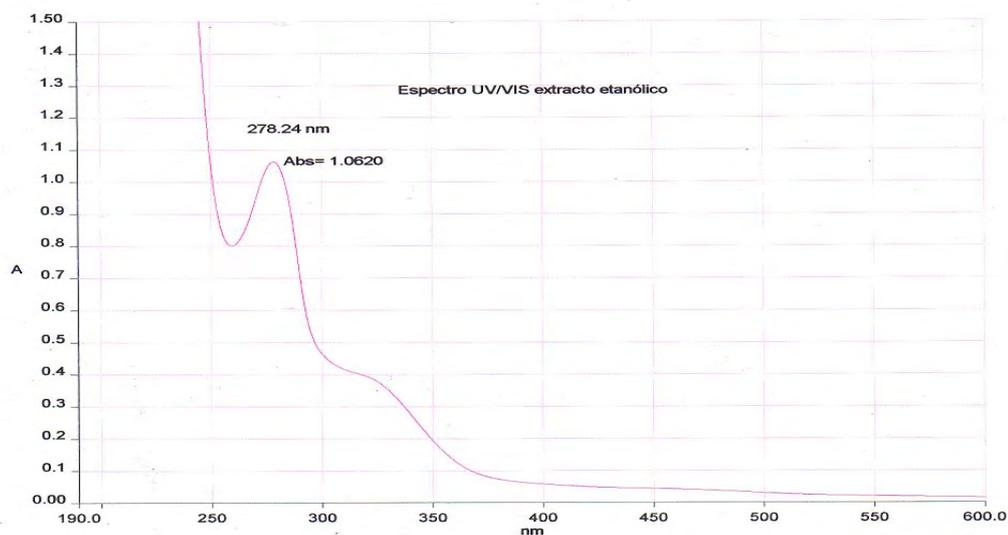


Fig. N° 5 Espectro ultravioleta Visible con Alcohol Etílico Acidificado

El extracto alcohólico muestra la presencia de flavonoides en su forma libre, en la figura N° 5 se observa el espectro UV del extracto alcohólico en el rango de 200 a 280 nm, no hay ningún máximo de absorción más allá de los 280 nm y por lo tanto se omite dicha porción del espectro, mostrando una banda de absorción intensa con una $\lambda = 278.24$ nm estando comprendido dentro del rango, que es característico de las flavonas por lo tanto el metabolito secundario del colorante es la flavona; todos los flavonoides en etanol tienen una banda de absorción más o menos intensa, de 200-280 nm así, la región visible va desde 800 a 400 nm y la región ultravioleta de 400 hasta 200 nm.

Resultado de la prueba de fijación de color en tres tipos de fibra (Algodón, Lino y Lana)

Para este resultado se realizaron dos ensayos:

1- Con soluciones saturadas de Sulfato de Cobre Pentahidratado y Sulfato de Sodio

Al utilizar sulfato de cobre pentahidratado en los tres tipos de fibra sometidas a la prueba, se observó que las fibras presentan poca o nula fijación de color en cualquiera de las concentraciones del colorante del 5, 15, y 25 %. En cambio se observaron mejores resultados al utilizar el sulfato de sodio, solamente en algodón y lino ya que al aumentar la concentración del colorante aumenta la fijación del mismo en las fibras antes mencionadas. (Ver Anexo 11)

2- Con soluciones al 2, 4, y 8% de Sulfato de Cobre Pentahidratado y Sulfato Ferroso

Para este ensayo de fijación del color en los tres tipos de fibras seleccionadas en las concentraciones del colorante al 5, 15 y 25 %, se observa que utilizando los agentes mordientes en concentraciones del 2 y 4 % se obtiene una buena fijación en algodón y lino, en la concentración del colorante al 25 %, la lana no presenta un buen resultado en la fijación.

En las concentraciones del 5 y 15 % del colorante, en las mismas concentraciones de los agentes mordientes antes mencionados, las fibras presentan tonos con poca coloración o nula.

Al utilizar los agentes mordientes a una concentración del 8% en los tres tipos fibras en las concentraciones del 5 y 15 % presentan poca o nula fijación del color, en cambio en la concentración del 25 % del colorante se da una fijación con una tonalidad menos intensa y poco uniforme en las fibras.

CAPITULO VI
CONCLUSIONES

6.0 CONCLUSIONES

1. De las extracciones realizadas con los diferentes solventes, el Hidróxido de Sodio 0.5%, tiene una mejor capacidad de extracción en comparación con el Alcohol Etílico Acidificado en las mismas condiciones, ya que al agregar el alcalí inmediatamente se desarrolla el color, el cual se intensifica al exponerlo al calor.
2. En la realización de pruebas fitoquímicas, tanto en extracción alcohólica como acuosa se identificó la presencia de metabolitos secundarios; siendo para los intereses de esta investigación, la prueba más importante la de Flavonoides, por ser la que determina la presencia de color en la especie vegetal.
3. Con la ayuda de métodos sencillos, material y equipo mínimo necesario se puede lograr obtener colorante de la especie vegetal *Persea americana M.* (aguacate) siendo de gran utilidad y de mucha ayuda en la industria textil.
4. Desde el punto de vista económico la obtención del colorante de la semilla del aguacate es de bajo costo por ser un componente desecho, utilizando un proceso de extracción sencillo comparado con la obtención de otros colorantes naturales; dado que el fruto se cultiva en el país.

5. Al utilizar sulfato de sodio en solución saturada y una dilución del colorante al 25%, presenta una buena fijación del color tanto en Algodón como en Lino, por el desarrollo de un color café en la fibra.
6. En la prueba de fijación del color la lana presenta poca o nula fijación, en las diferentes concentraciones tanto para el colorante como para los mordientes así como también en solución saturada.
7. Al utilizar una concentración del 2 y 4 % tanto para $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ y FeSO_4 , se da un buen resultado en la fijación del color en las fibras, utilizando una concentración del colorante al 25%, al aumentar la concentración de los mordientes la fijación se ve disminuida.
8. El Sulfato de Cobre Pentahidratado en solución saturada precipita al colorante, por lo que la fijación del color se ve afectada.
9. En los espectros del infrarrojo se observan las bandas de absorción de los grupos característicos presentes generalmente en los flavonoides; es por ello que la estructura del colorante posee esos grupos funcionales.

CAPITULO VII
RECOMENDACIONES

7.0 RECOMENDACIONES

1. Utilizar Hidróxido de Sodio 0.5% para obtener una mayor intensidad del colorante de la semilla del aguacate.
2. Realizar el proceso de secado por liofilización o algún otro método conocido a partir del extracto coloreado para obtener un producto en polvo, estable y de fácil manejo.
3. Que las autoridades de la Universidad proporcionen, el soporte adecuado en lo que se refiere a equipo como molino para procesar muestras húmedas, equipo de liofilización, equipo de filtración etc. Y a la vez un espacio físico adecuado para llevar a cabo futuras investigaciones que conlleven prácticas experimentales.
4. Realizarle ensayos a nivel de laboratorio al colorante obtenido, en otras investigaciones para determinar efectos de toxicidad con el fin de dar otro aporte no solo a la Industria textil si no también a otro tipo de Industrias.
5. Incentivar a nuevas investigaciones a utilizar otras materias orgánicas desechadas de las que pueda extraerse otros colorantes con fines textiles, disminuyendo con ello el efecto que pueda causar en el medio ambiente la obtención de colorantes sintéticos.

6. Para disminuir los costos utilizar los agentes mordientes seleccionados en concentraciones menores, debido a que el gasto se eleva utilizando soluciones saturadas, evitando con ello la precipitación del colorante y obtener una buena fijación del color.
7. Realizar pruebas de fijación de color utilizando cloruro de sodio como agente mordiente, ya que es de bajo costo y de fácil acceso; además de otros tipos de mordientes, así como también otros tipos de fibras.
8. Realizar pruebas específicas al extracto, como resonancia magnética de carbono 13, resonancia magnética nuclear de protones simplificando de esta manera la identificación del flavonoide responsable del color.
9. Realizar espectroscopia de masas para la identificación de la estructura química del colorante.
10. Realizar estudios de estabilidad al colorante, que proporcione información sobre la vida útil.

BIBLIOGRAFIA

1. Castillo Membreño, S.A y otros 2006. Ensayo preliminar para la obtención de colorantes naturales a partir de especies vegetales comestibles.
2. Fieser, L. F, 1966 "Química Orgánica Superior, 1ª Edición, España, Ediciones Grigalbo, S.A, Pág. 2037-2039
3. Font Quer. P. 1993. Diccionario de Botánica. Tomo I y II. España. Editorial Labor S.A
4. Franco Baires, G.R y otros 2003. Elaboración de una guía práctica para la preparación de reactivos químicos y estándares de uso frecuente en el análisis químico.
5. Garcia H. 1975, Flora Medicinal de Colombia, Botánica Médica, Instituto de Ciencia Naturales, Santafé de Bogotá, Colombia. (Colombia)
6. Gupta, M. 1995, "270 Plantas Medicinales Iberoamericanas", 1ª Edición CYTED-SECAB, Editorial Presencia Ltda.
7. Instituto Científico y Tecnológico de la Universidad de Navarra (España), 1999 "Diccionario de Medicina". Edición Espasa Calpe, S.A. Madrid, Impreso en España
8. Kirk, R.E., y otros. 1962, "Enciclopedia de Tecnología Química", 1ª Edición en español. México. Editorial Hispano-americana. Vol. 7. Pág. 716, 717.
9. Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador, Manual de Farmacognosia, Ciclo I-2003.

10. Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador, Manual de Química Analítica III, Ciclo I-2003.
11. Martinez Allen, G. 1980, "Diseño de Métodos de Síntesis a Nivel de Laboratorio de Colorantes de Interés Industrial y su Caracterización por Espectroscopia Infrarroja y Ultravioleta".
12. Moffat, A.C. y Otros. Clarke's Analysis of drugs and poison in pharmaceuticals, body fluids and post-mortem materials, Third Edition., The Pharm Soc. Of Great Britain, London, 2004. Vol 1 y 2. Nº. de Ejemplares: 1 de cada vol.
13. Morcillo Rubio, J. 1974 "Espectroscopia infrarroja", Monografía Ed. O.E.A. Washington, D.C. Ejemplar 12. Pág. 47-49.
14. Mosby, 1994. Diccionario de Medicina. España. Editorial Océano
15. Roing, J. y otros, 1974, Plantas Medicinales, Aromáticas o Venenosas de Cuba. Ciencia y Técnica, Instituto del Libro, La Habana.
16. Sosa, R. 1997, "El Poder Medicinal De Las Plantas", 1ª Edición. Estados Unidos de Norte América. Editorial Asociación Publicadora Interamericana. Pág. 161.
17. Skoog, D.A., y otros. 2001, "Química Analítica", 7ª Edición. México. Editorial Mc Graw-Hill. Pág. 632, 633
18. Toledo Mendoza, R.A. "Cincuenta especies de la flora medicinal existentes en El Salvador", Impreso en El Salvador (Imprenta Díaz), Abril de 2002. Pág. 7 Ejemplares: 1,000.

19. The United States Pharmacopeial Convention. Inc. The United States Pharmacopeia. Twenty-fifth Revisions. USA, 2002. Nº. de Ejemplares: 2.
20. Food and Drugs administration. 2002, summary of color additives listed for use United States in food, drugs, cosmetic, and medical devices.
URL: <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/opa~col2.html>
21. Food and Drugs administration. 2002, Aditivos en alimentos.
URL: <http://vm.cfsan.fda.gov/~mow/sfoodadd.html>
22. Riojaalta.2002, Colorantes de la Uva
URL: <http://www.riojalta.com/libro/rio409.html>.
23. Colorantes Naturales, 2002.
URL: <http://milksci.unizar.es/adit/colornat.html>
24. www.enfasis.com/bo/fotos/pdf_24.pdf
25. <http://html.rincondelvago.com/colorantes.html>
26. <http://www.pasqualinonet.com.ar/glosario.html>
27. www.fiagro.org.sv/systemfiles/632.pdf
28. <http://www.ific.org/sp/publications/brochures/foodingredandcolorsbrochsp.cfm>
29. <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/215/21513704.pdf>
30. <http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/doc/EI%20Cuaderno%2075.doc>
31. <http://faculqyb.usach.cl/facultad/profesores/villarroel/sem3.pdf>

GLOSARIO (3, 7, 14, 21)

Aditivo: Sustancia que sirve para mejorar sus cualidades o proporcionarle otras que no tenía.

Afrodisíaco: Que despierta el instinto sexual.

Alopecia: Falta de pelo en zonas de la piel que normalmente la poseen.

Antidiarreico: Propiedad de oponerse a la diarrea, o de corregirla.

Antidisentérico: Agente que impide, alivia o cura la disentería.

Antiespasmódico: Previene o cura las convulsiones o las afecciones espasmódicas.

Astringencia: Acción que producen algunas sustancias, provocando una contracción fibrilar de los tejidos orgánicos.

Blenorragia: Toda secreción excesiva de moco.

Caducifolio: Así se llaman los árboles y arbustos que no se conservan verdes todo el año, porque se les cae la hoja al empezar la estación desfavorable (estación fría o seca).

Cromóforo: Grupo de átomos no saturados que, estando presentes en la molécula de una sustancia química, hacen que ésta sea coloreada.

Cromógeno: Son aquellas bacterias que producen materias colorantes.

Diarrea: Evacuación demasiado frecuente de heces líquidas.

Disentería: Nombre con que se designa cierto número de trastornos caracterizados por inflamación del intestino, especialmente del colon, y que

se acompañan de dolor en el abdomen, tenesmo y frecuentes evacuaciones mucosas y purulentas. El agente causal puede ser irritante químico, bacterias, protozoarios o gusanos parásitos. Hay dos variantes específicos amibiano y bacilar.

Empeine: Parte dorsal del arco del pie.

Estomáquico: Perteneiente o relativo al estómago, medicamento que fomenta la actividad funcional del estómago.

Estranguria: Micción dolorosa y lenta provocada por espasmos de la uretra y de la vejiga.

Flatulencia: Presencia de exceso de aire o gases en el estómago o el intestino, que origina distensión de los órganos.

Fitoquímica: Química de las plantas.

Gastritis: Es la inflamación de las capas más internas del Estómago, sobre todo en la mucosa.

Glabras: Desprovisto absolutamente de pelo o vello.

Glauca: De color verde claro con matiz ligeramente azulado, como el de las hojas de pita, de col común.

Hidropesía: Acumulación de líquido seroso trasudado en una cavidad o en el tejido celular.

Hipertensión: Aumento mantenido de las cifras de la presión arterial por encima de sus valores normales.

Hipoglucémico: Estado del paciente que padece una disminución de los niveles de azúcar en la sangre; se acompaña de malestar, mareo, sudoración fría, temblor y taquicardia.

Hipolipemiante: Sustancias capaces de producir una disminución de las lipoproteínas séricas causándoles una disociación entre las lipoproteínas de alta densidad, que están disminuidas, y las lipoproteínas de baja densidad que están aumentadas.

Indigestión: Término impreciso, vago, que describe una serie de alteraciones transitorias abdominales que pueden aparecer tras las comidas. Se caracteriza por náuseas, a veces vómitos, acidez, flatulencia, pesadez, eructos, etc.

Meteorismo: Timpanismo, presencia de gas en abdomen o intestino.

Neuralgia Intercostal: Neuralgia de los nervios intercostales.

Neuralgia: Dolor paroxístico que se extiende por la trayectoria de uno o más nervios. Se distinguen muchas variedades, según la parte afectada o la causa: branquial, facial, etc.

Pilosa: Que tiene pelo en general.

Piodermia: Cualquier enfermedad cutánea purulenta.

Pubescente: Entrar en la pubertad, empezar a cubrirse de vello.

Resolutiva: que tiene virtud de resolver los humores: los cataplasmas de harina de linaza son excelentes resolutivos.

Reumatis: Cualquiera de las enfermedades que se caracterizan por la inflamación y degeneración o alteración metabólica del tejido conectivo del cuerpo, especialmente en las articulaciones y las estructuras relacionadas (músculos, bolsas articulares, tendones y tejido fibroso).

Salpullido: Erupción leve y pasajera en el cutis.

Sarna: Dermatitis contagiosa debida al *Sarcoptes scabiei*. Cursa con un intenso prurito de preferencia nocturno, siendo sus lesiones características el surco acarino y las vesículas perladas. Se localiza, preferentemente, en espacios interdigitales, la cara interna de las muñecas, los genitales masculinos y las areolas mamarias femeninas.

Somnolencia: Adormecimiento, pesadez física causada por el sueño.

Substrato: Sustancia, entidad o esencia de una cosa

Tinea (tiña): Enfermedad micósica de la piel y anexos cutáneos: cabello, uñas.

Úlcera: Excavación patológica en la superficie de la piel o del estómago.

Vermífugo: Que expelle los gusanos o los parásitos intestinales

ANEXOS

ANEXO 1

PREPARACIÓN DE REACTIVOS

-ACETATO DE PLOMO AL 10%

Pesar 10 g de Acetato de plomo y disolver con una porción de agua destilada, luego llevar a volumen de 100 mL con agua destilada y homogenizar. (4)

-ACIDO CLORHIDRICO 1N

Medir con bureta 83.51 mL de ácido clorhídrico al 37% p/p de pureza y $d=1.18$ g/ml, colocar en un beaker en baño de agua fría, aproximadamente 500 mL de agua destilada y agregar el ácido lentamente con agitación constante, transferir la solución a un balón volumétrico de un litro de capacidad y completar volumen. Envasar. (4)

-HIDROXIDO DE SODIO AL 10%

Pesar 10 g de Hidróxido de sodio, disolver con una porción de agua libre de CO_2 luego llevar a volumen de 100 mL con agua destilada. (Almacenar en frasco plástico). (4)

-HIDROXIDO DE SODIO 2N

Pesar cuidadosamente 8 g de hidróxido de sodio en lentejas (hacerlo rápidamente ya que es higroscópico) en un beaker plástico. Disolver las lentejas con agua destilada libre de CO_2 y luego transferir la solución a un

balón volumétrico de 100 ml y hacer lavados continuos del beaker que contiene lo disuelto, llevar volumen hasta el aforo y envasar. (4)

-REACTIVO DE DRAGENDORFF

Disolver 1g de subnitrito de bismuto en 3 mL de ácido hidroclorehídrico 10 M en caliente. Diluir a 20 mL con agua y disolver 1g de yoduro de potasio en la mezcla. Si se oscurece el triyoduro de bismuto separa, añadir ácido hidroclorehídrico 2 M y más yoduro de potasio para disolver este. (12)

-REACTIVO DE LIEBERMANN

Agregar 1 g de sodio o nitrato de potasio a 10 ml de ácido sulfúrico en frío, agitar para absorber los vapores café. (12)

-ALCOHOL ACIDIFICADO

A un volumen de 200 mL de alcohol etílico, adicionar ácido clorhídrico 1N hasta llegar a pH=2.

Preparación del agente mordiente

-SOLUCIÓN SATURADA DE SULFATO DE SODIO

Tomando en cuenta que la solubilidad del Sulfato de Sodio es de 200g/Lt.; partimos de un peso de 40g de Na_2SO_4 en un volumen de 200 mL de agua destilada, continuar agregando hasta saturar la solución.

-SOLUCIÓN SATURADA DE SULFATO DE COBRE PENTAHIDRATADO

Tomando en cuenta que la solubilidad del Sulfato de Cobre Pentahidratado es de 317g/Lt.; partimos de un peso de 68.4g de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ en un volumen de 200 mL de agua destilada, continuar agregando hasta saturar la solución.

- SULFATO FERROSO AL 2, 4 Y 8 % (AGENTE MORDIENTE)

-Pesar 2.0 g de Sulfato Ferroso, disolver con una porción de agua destilada, transferir a un balón volumétrico de 100mL, luego llevar a volumen con agua destilada.- (Proceder igual para las restantes concentraciones).

-SULFATO DE COBRE PENTAHIDRATADO AL 2, 4 Y 8 % (AGENTE MORDIENTE)

-Pesar 2.0 g de Sulfato de Cobre Pentahidratado, disolver con una porción de agua destilada, transferir a un balón volumétrico de 100mL, luego llevar a volumen con agua destilada.- (Proceder igual para las restantes concentraciones).

CALCULOS PARA LA PREPARACION DE REACTIVOS.

ACIDO CLORHIDRICO (HCl) 1N

Formula: HCl

PM= 36.46 g/mol

Peq= 36.46

D (g/mL)= 1.18

% de pureza= 37% p/p

Cálculos para obtener 1 LT de una solución 1 N:

Como la solución no esta al 100% pura

37.0 g de HCl ----- 100 g de solución

36.46 de HCl ----- X

X= 98.54 g de solución

Con la fórmula de la densidad se encuentra el volumen:

$d = m / V$

Despejando:

$$v = m / d \rightarrow v = \frac{98.54 \text{ g de solución}}{1.18 \text{ g/mL}}$$

v= 83.51 mL para 1 LT de solución 1N

Calculo para 25 mL de solución

83.51 mL ----- 1000 mL de solución

X ----- 25 mL

X= 2.1 ml de HCl 1N

**CALCULO PARA LA PREPARACION DE HIDROXIDO DE SODIO
(NaOH) 2N.**

Calculo para 100 mL de solución

Formula: NaOH

PM= 40 g/mol

V= 0.1 LT

N= 2

Gramos= N x PM x V

Gramos= 2 N x 40 g/mol x 0.1 LT

Gramos= 8 gramos de NaOH

ANEXO 2

Material, Equipo y Reactivos

Materiales y Equipo

Materiales:

- Beaker de 100, 250, 400 y 500mL
- Embudo de vidrio
- Embudo buchner
- Kitazato
- Tubos de ensayo
- Gradilla
- Vidrio de Reloj
- Balón Volumétrico 250mL
- Ampollas de Separación
- Beaker Plástico de 100, 250mL
- Capsula de Porcelana
- Agitador de Vidrio
- Probeta de 100mL
- Frasco Plástico
- Frasco de Vidrio Ámbar
- Espátula/Microéspatula

- Goteros
- Pizeta
- Mangueras
- Pinzas de Sostén
- Pinzas de Extensión
- Trípode
- Papel Toalla
- Toallas
- Guantes y Mascarilla

Equipo:

- Baño Maria
- Balanza Analítica
- Balanza Semi-analítica
- Balanza Granataria
- Hot Plate
- Estufa
- Desecador
- Molino
- Termómetro
- Espectrofotómetro Infrarrojo

- Aparato de Reflujo
- Bomba al Vacío

Reactivos

- Hidróxido de Sodio 0.5%
- Etanol 80%
- Agua Libre de CO₂
- HCl 1N
- Agua Destilada
- Lieberman-Burchard
- Tricloruro de hierro al 5 %
- Dragendorff
- Legal
- Shinoda
- Sulfato de Sodio
- Sulfato de Cobre Pentahidratado
- Sulfato de Hierro

ANEXO 3

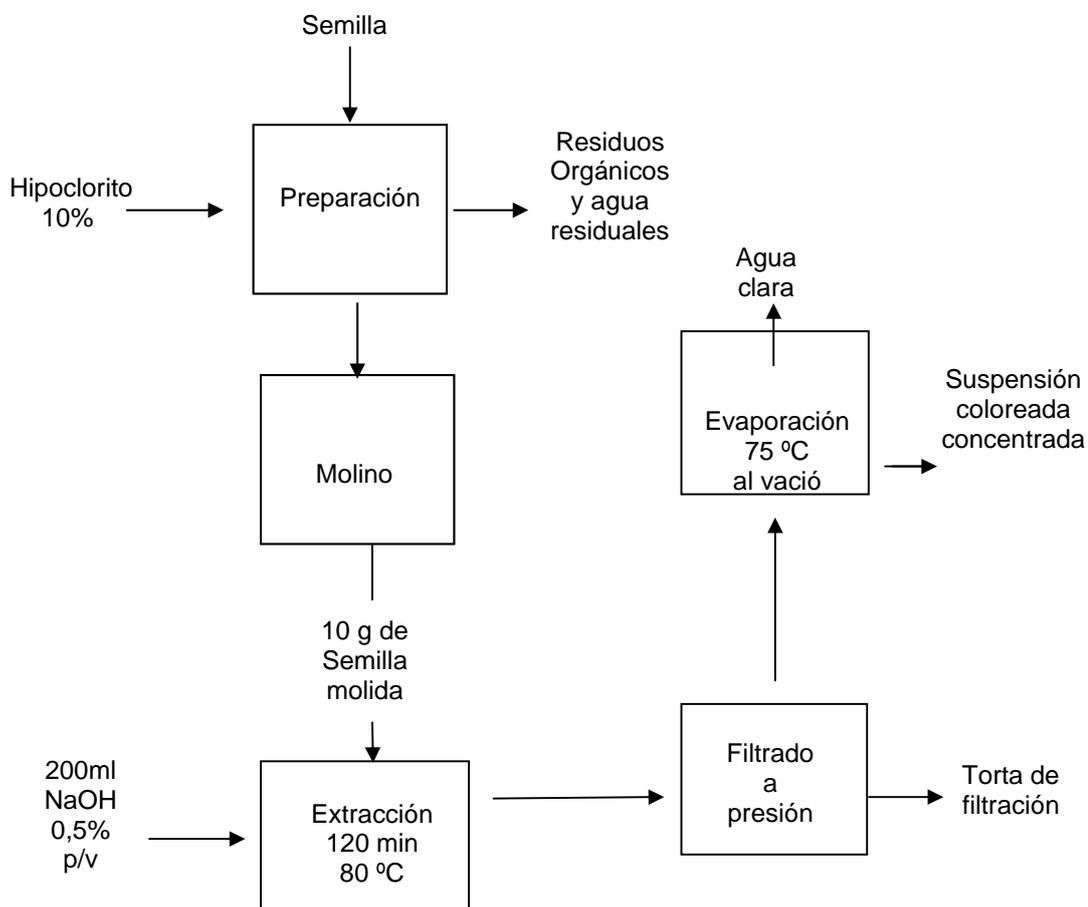


Fig. N° 6 Diagrama de bloques para el proceso de extracción con Hidróxido de Sodio 0.5 %

ANEXO 4

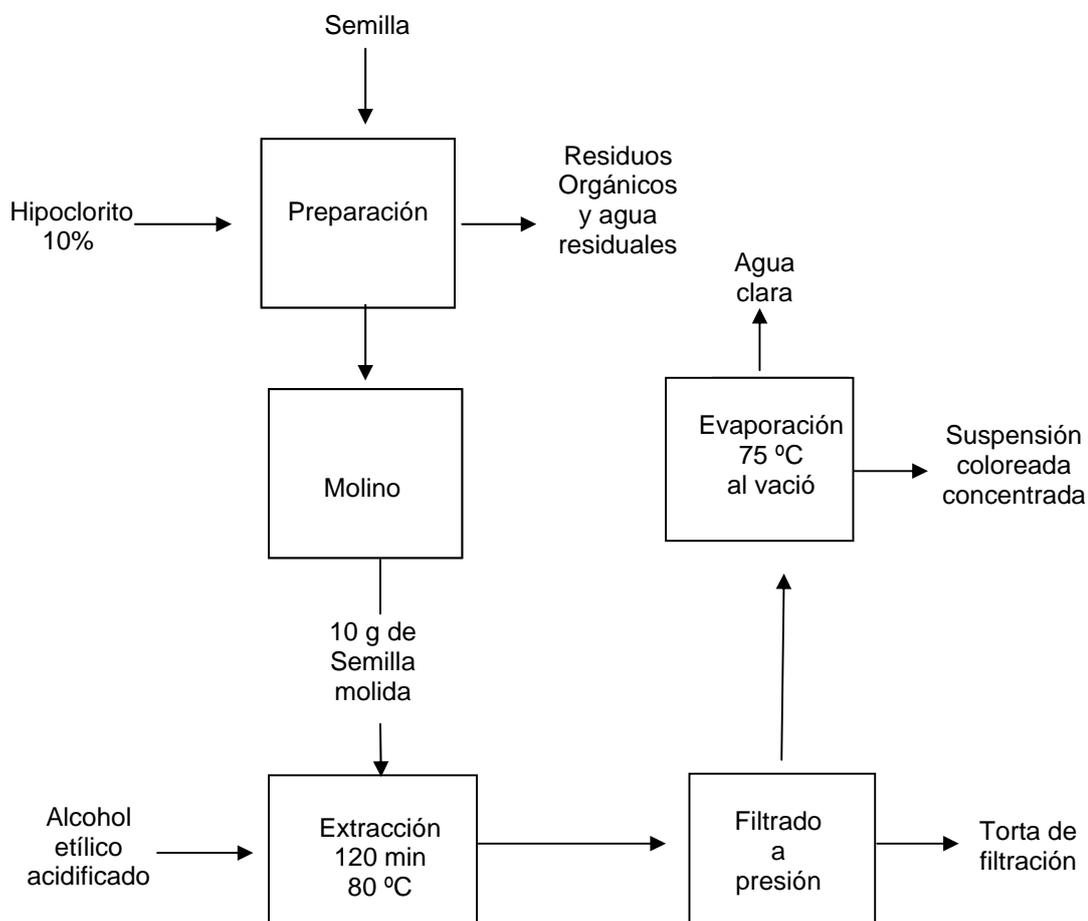
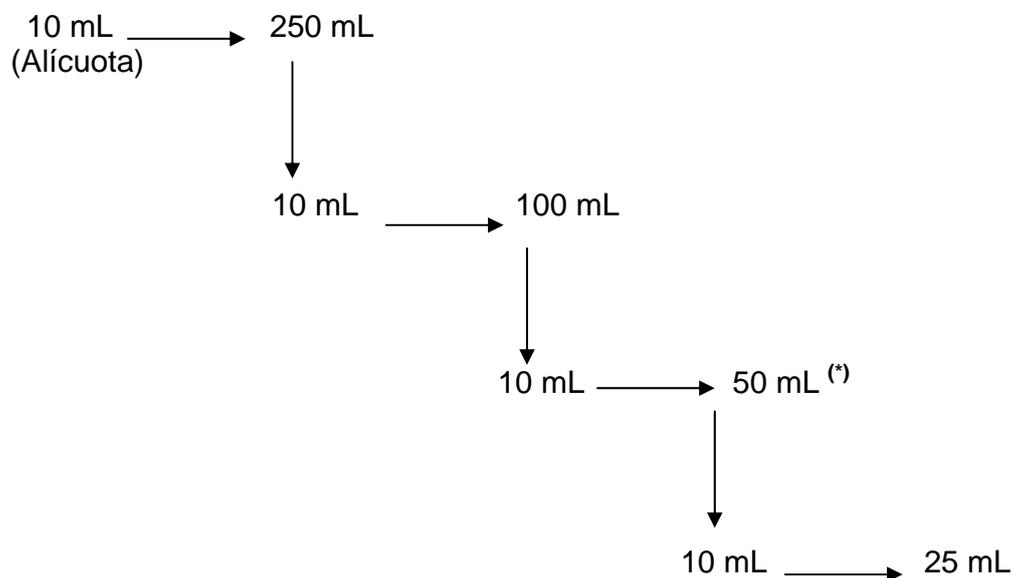
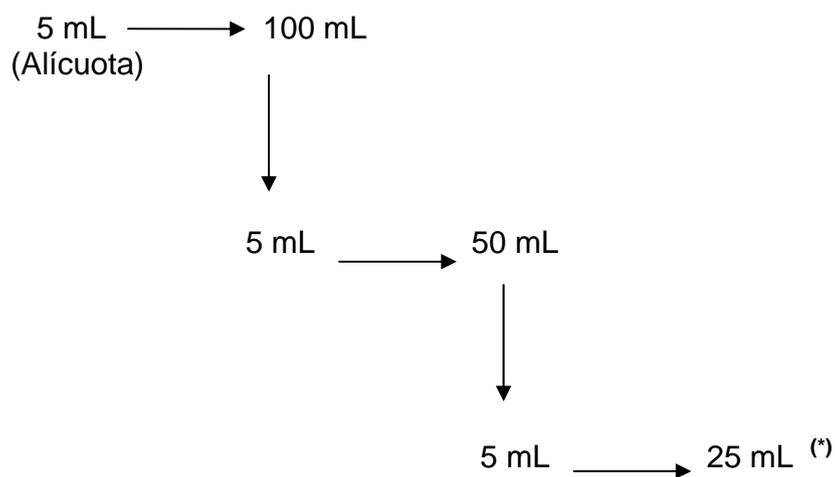


Fig. N° 7 Diagrama de bloques para el proceso de extracción con alcohol Etílico acidificado

ANEXO 5

Diagrama de dilución para el colorante extraído con NaOH al 0.5%

(*): Volumen de dilución utilizado para las lecturas.

Diagrama de dilución para el colorante extraído con CH₃CH₂OH en medio ácido

(*): Volumen de dilución utilizado para las lecturas.

ANEXO 6



Fig. N° 8 Muestra de Especie Vegetal *Persea americana M.*



Fig. N° 9 Semillas de la especie vegetal *Persea americana M.*



Fig. N° 10 Molido de la Muestra



Fig. N° 11 Pesado de la muestra vegetal.



Fig. N° 12 Muestra Pesada

ANEXO 7

PROCESO DE EXTRACCIÓN DEL COLORANTE

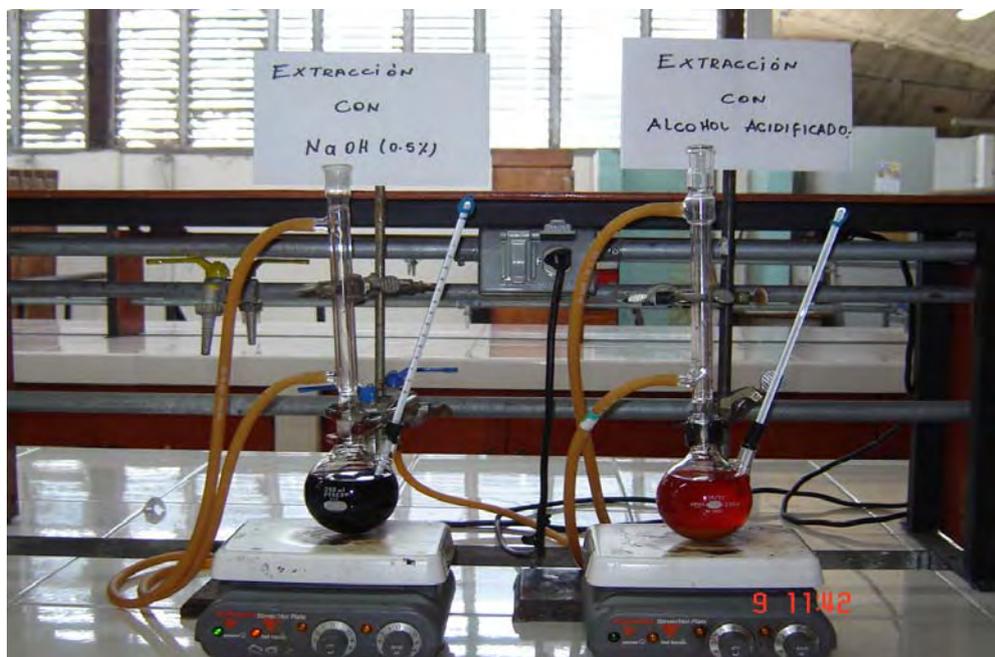


Fig. N° 13 Extracción por método de Reflujo

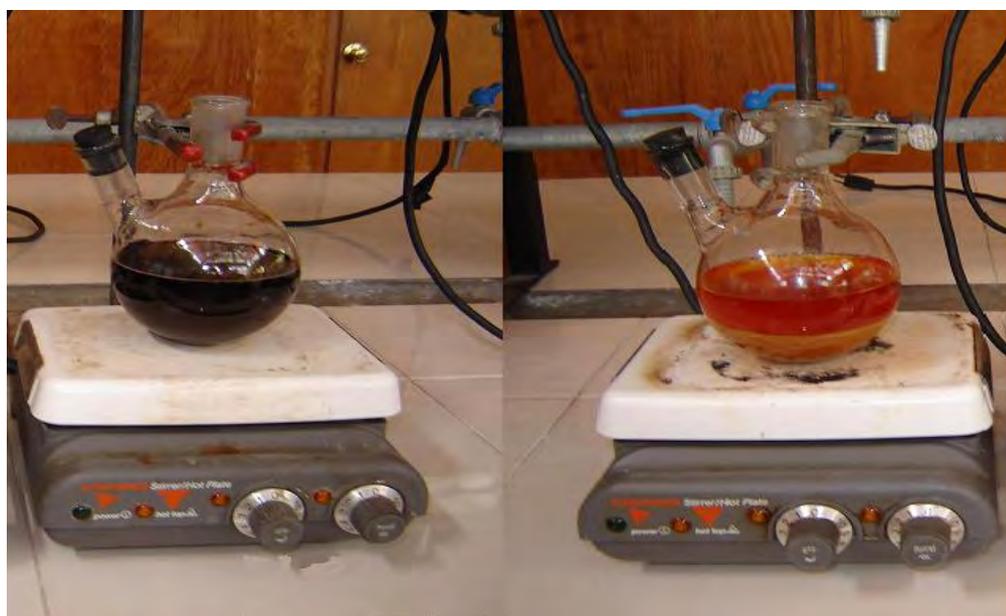


Fig. N° 14 Extractos de Colorantes Obtenidos

FILTRADO AL VACIO DE LOS COLORANTES



Fig. N° 15 Con NaOH 0.5%



Fig. N° 16 Con Alcohol Etilico
Acidificado

CONCENTRACIÓN DEL COLORANTE



Fig. N° 17 Con NaOH 0.5%



Fig. N° 18 con Alcohol Etilico
Acidificado

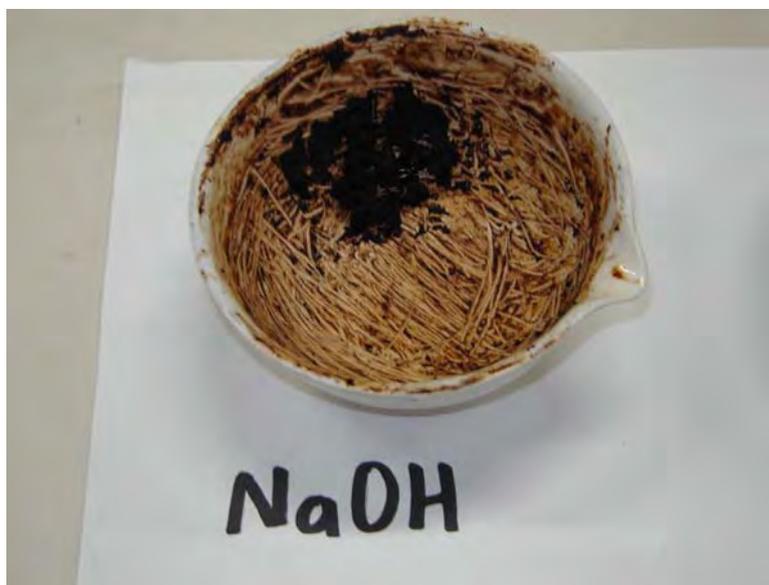
OBTENCIÓN DEL COLORANTE EN FORMA SÓLIDA

Fig. N° 19 Colorante con NaOH 0.5 % seco



Fig. N° 20 Colorante con Alcohol etílico acidificado seco

ANEXO 8

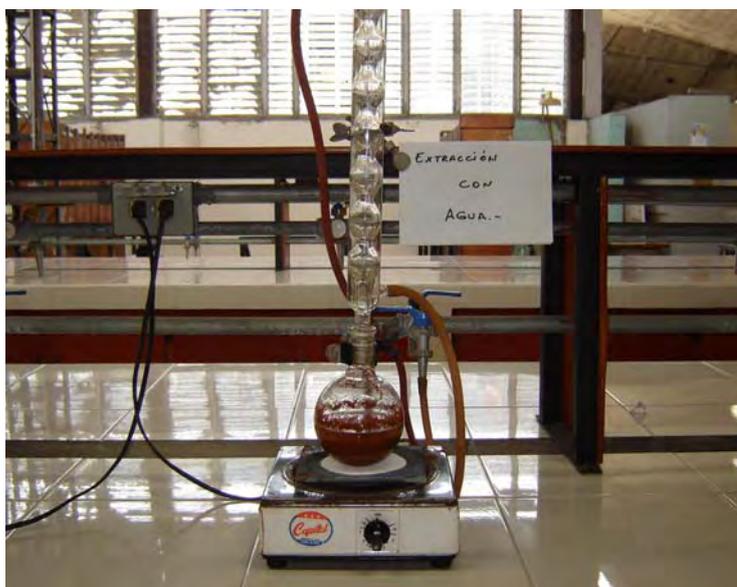


Fig. N° 21 Extracción con Agua Destilada



Fig. N° 22 Extracción con Alcohol



Fig. N° 23 Prueba de Glicósidos Saponinicos

IDENTIFICACIÓN DE METABOLITOS SECUNDARIOS

Ref.: Referencia (extracto Alcohólico)

P1: Prueba de Salkowski

P2: Prueba de Liebermann Burchard

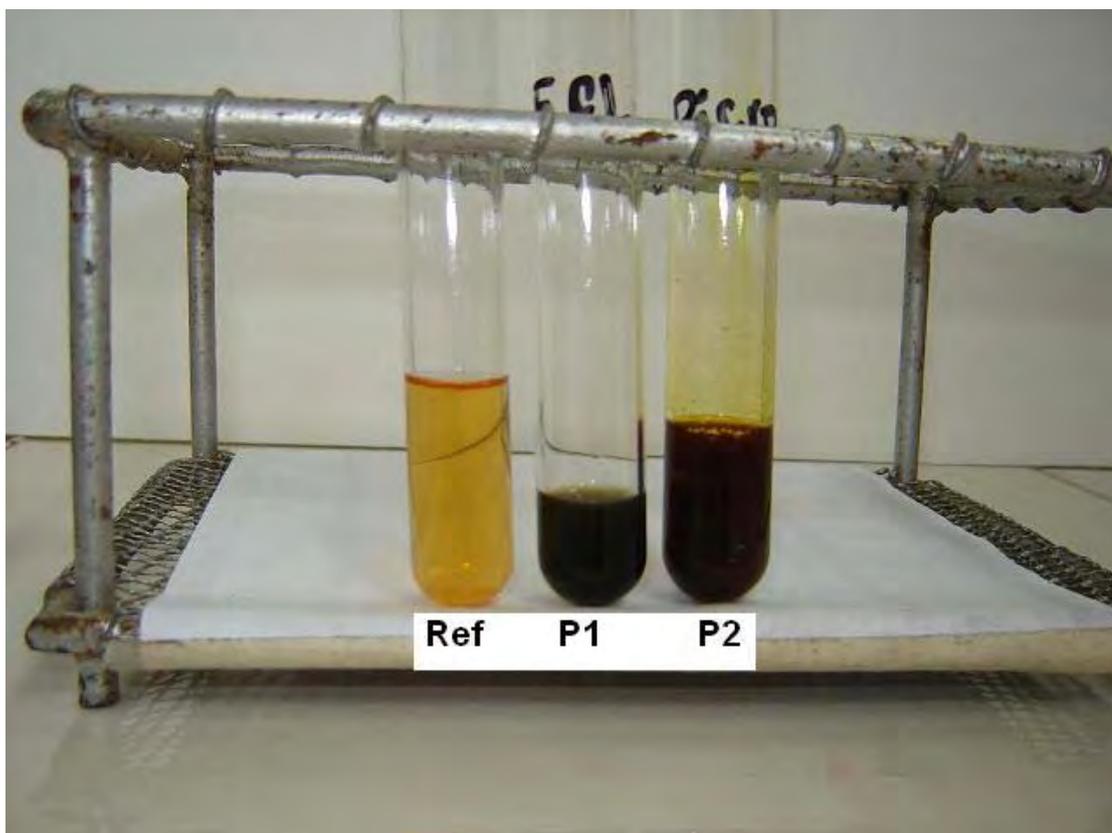


Fig. N° 24 Prueba de Taninos

Ref.: Referencia (Extracto Alcohólico)

P1: Prueba de Tricloruro de Hierro (FeCl_3)

P2: Prueba de Dicromato de Potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)

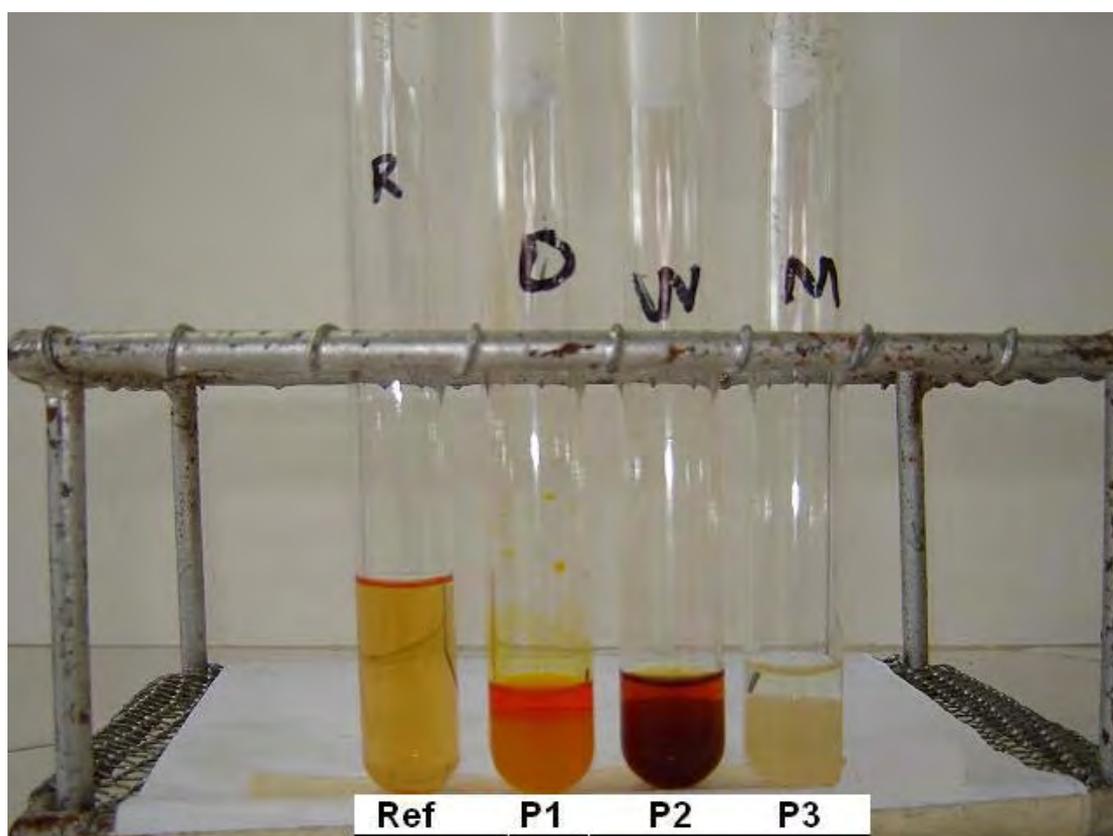


Fig. N° 25 Prueba de Alcaloides

Ref.: Referencia (Extracto Alcohólico)

P1: Prueba de Dragendorff

P2: Prueba de Wagner

P3: Prueba de Mayer

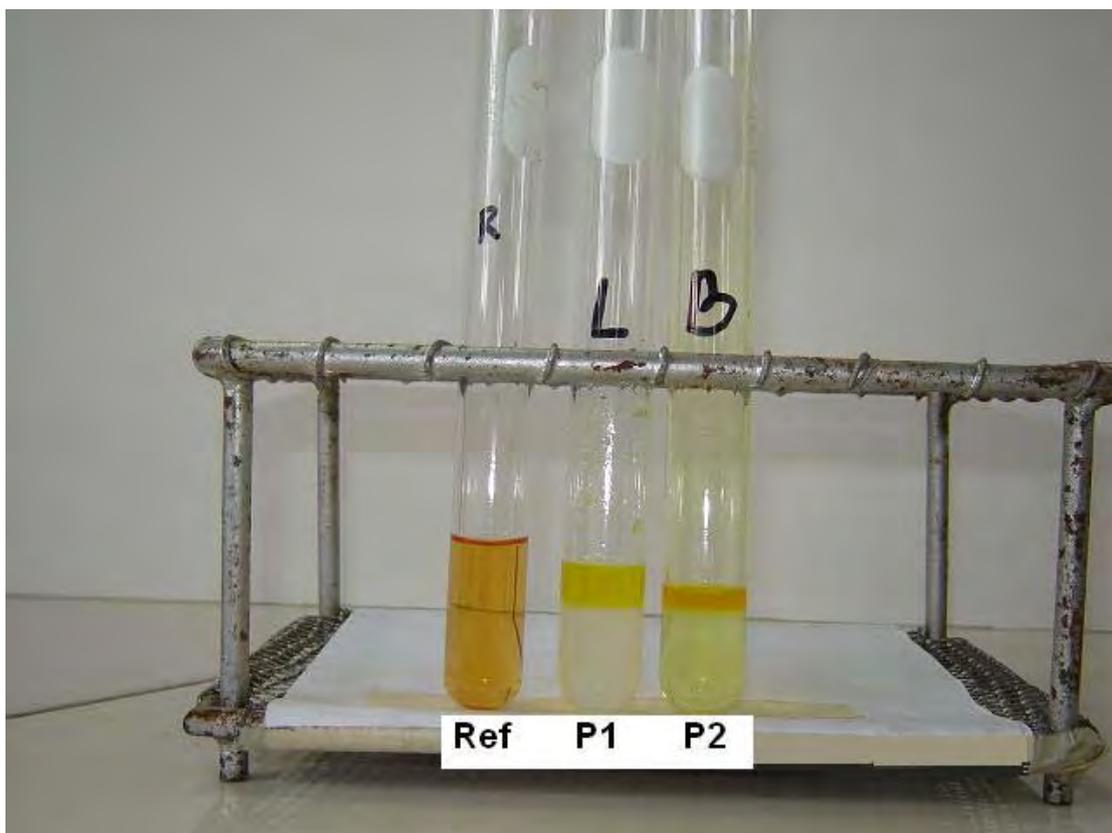


Fig. N° 26 Prueba de Sesquiterpenlactona

Ref.: Referencia (Extracto Alcohólico)

P1: Prueba de Legal

P2: Prueba de Baljet

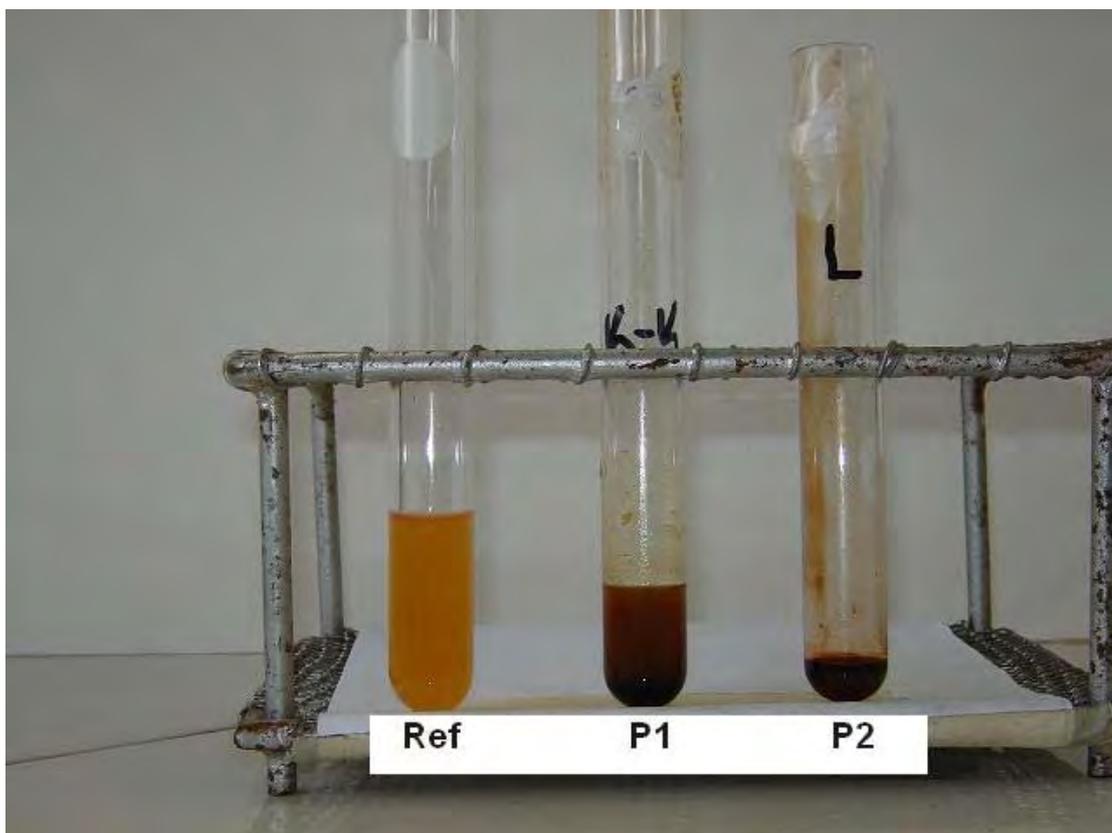


Fig. N° 27 Prueba de Glicósidos Cardiotónicos

Ref.: Referencia (Extracto Acuoso)

P1: Prueba de keller-Killani)

P2: Prueba de Legal

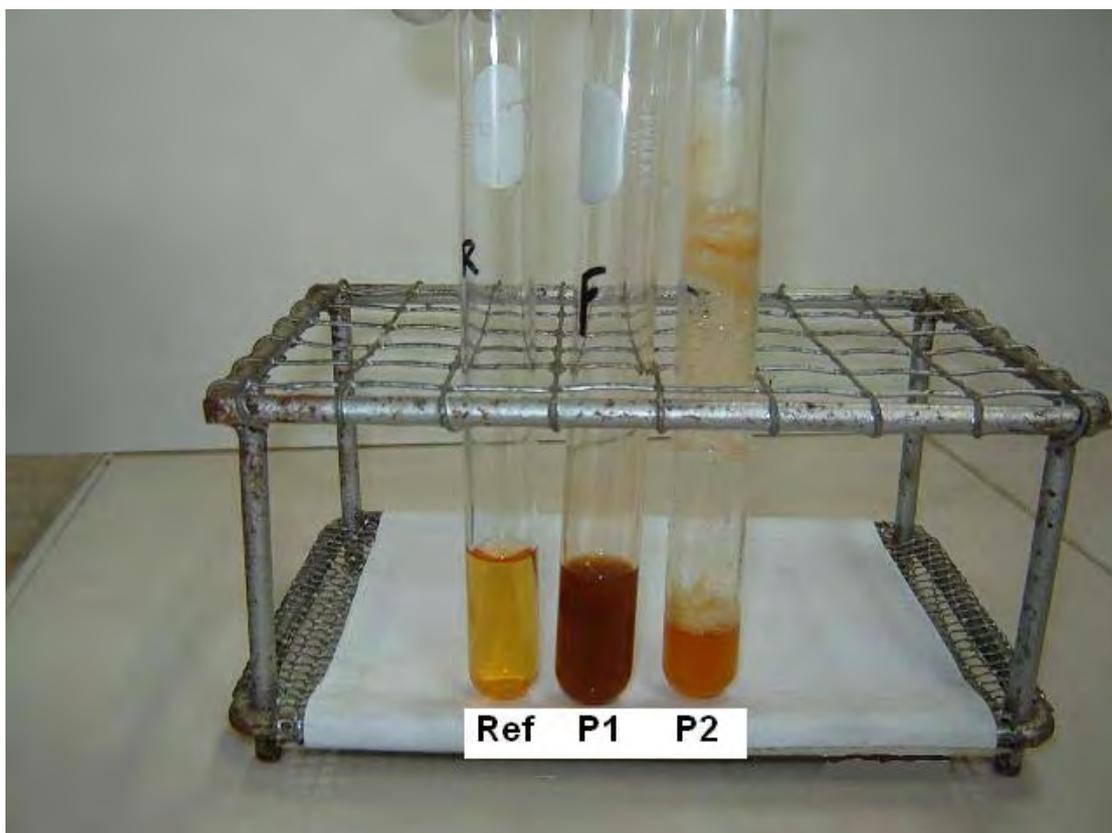


Fig. N° 28 Prueba de Glicósidos Flavonoides

Ref.: Referencia (Extracto Acuoso)

P1: Prueba con NaOH

P2: Prueba de Shinoda

ANEXO 9

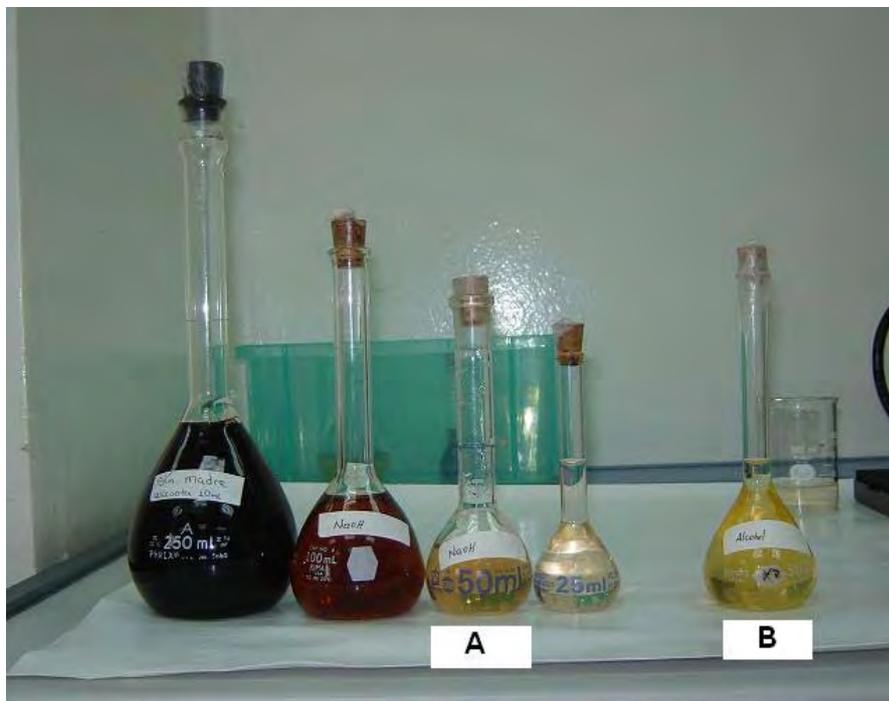
EQUIPOS UTILIZADOS PARA LA LECTURAS DE LAS MUESTRAS

Fig. N° 29 Diluciones para Lectura del Espectro UV/VIS.

A: Dilución de NaOH 0.5%

B: Dilución con Alcohol Etílico Acidificado



Fig. N° 30 Espectrofotómetro UV-VIS Lambda 35



Fig. N° 31 Espectrofotómetro Infrarrojo RX1

ANEXO 10

PREPARACIÓN DE LOS AGENTES MORDIENTES



Fig. N° 32 Preparación de la solución saturada de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$



Fig. N° 33 Preparación de la solución saturada de Na_2SO_4

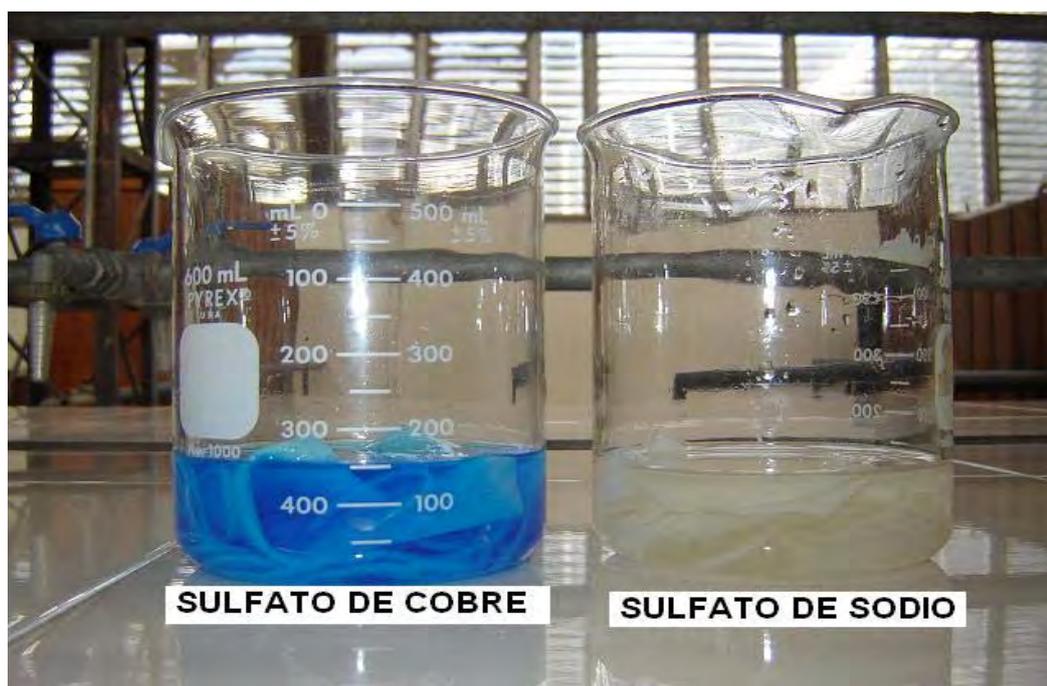


Fig. N° 34 Preparación de las fibras con agentes mordientes

AGENTES MORDIENTES A DIFERENTES CONCENTRACIONES

Fig. N° 35 Agentes Mordientes

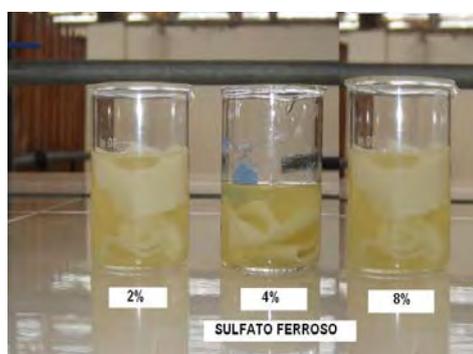


Fig. N° 36 Preparación de las Fibras con Sulfato Ferroso

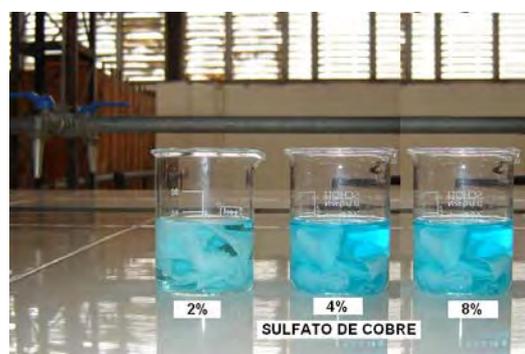


Fig. N° 37 Preparación de las Fibras con Sulfato de Cobre Pentahidratado

PREPARACIÓN DEL COLORANTE Y FIJACIÓN DEL MISMO EN LAS FIBRAS

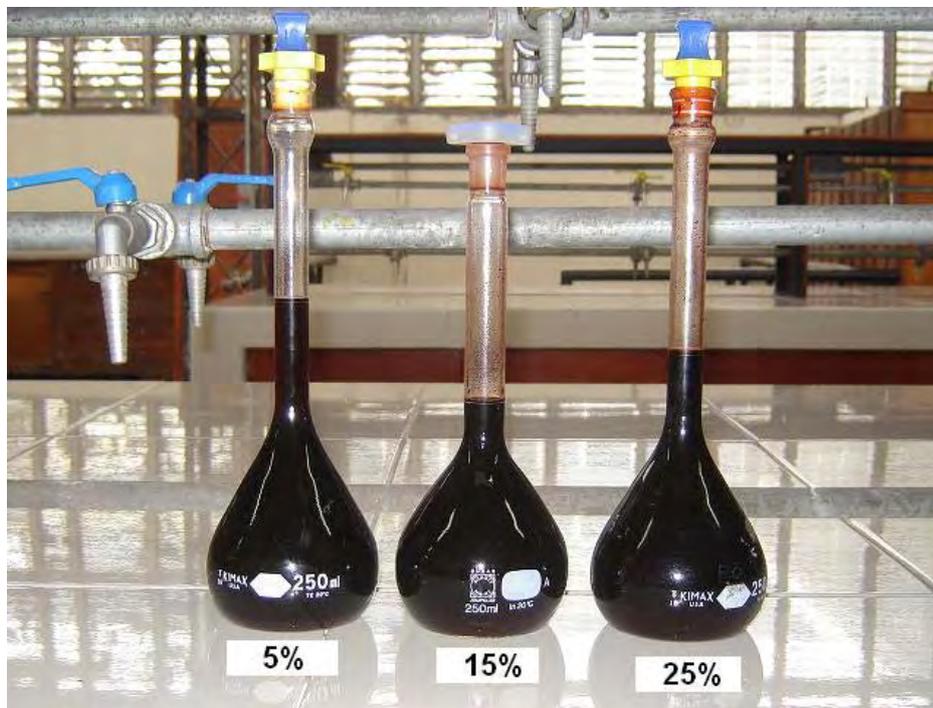


Fig. N° 38 Dilución del colorante



Fig. N° 39 Fijación del color en la fibra



Fig. N° 40 Muestras coloreadas

ANEXO 11

**FIJACIÓN DE COLOR CON SOLUCIÓN SATURADAS DE
SULFATO DE COBRE PENTAHIDRATADO Y SULFATO DE SODIO**

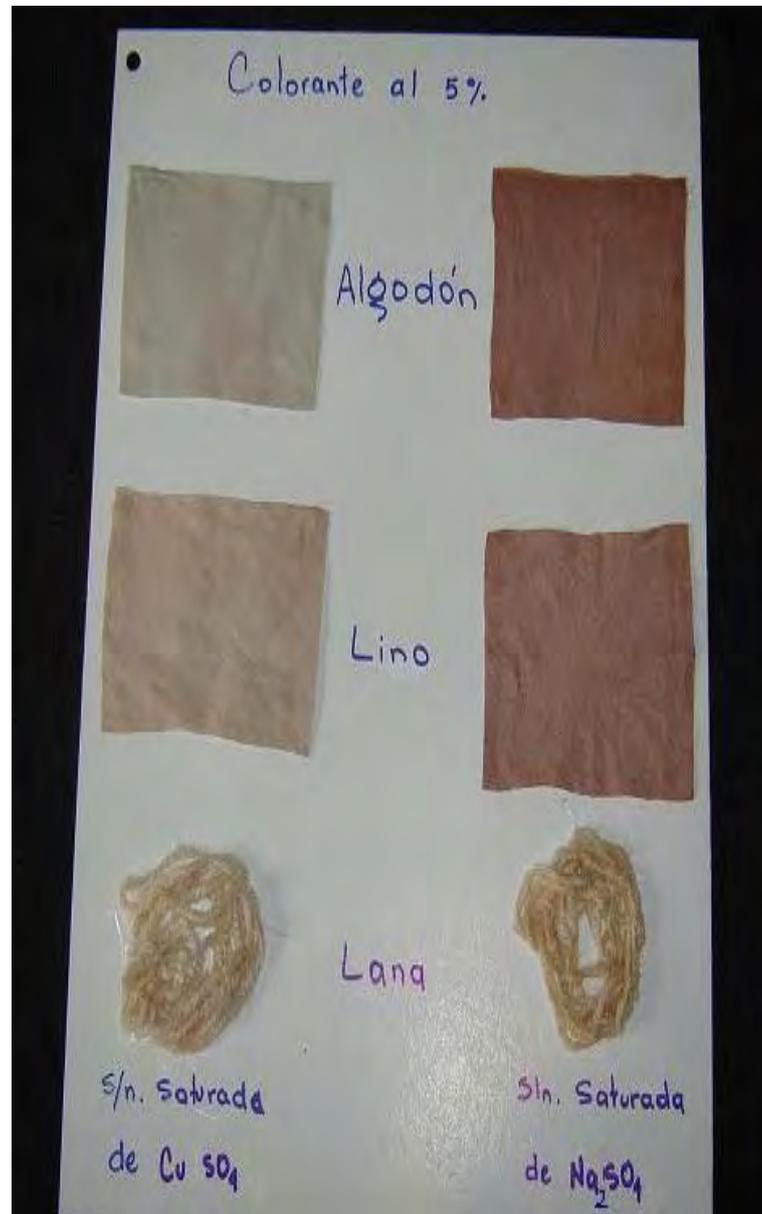


Fig. N° 41 Colorante al 5%

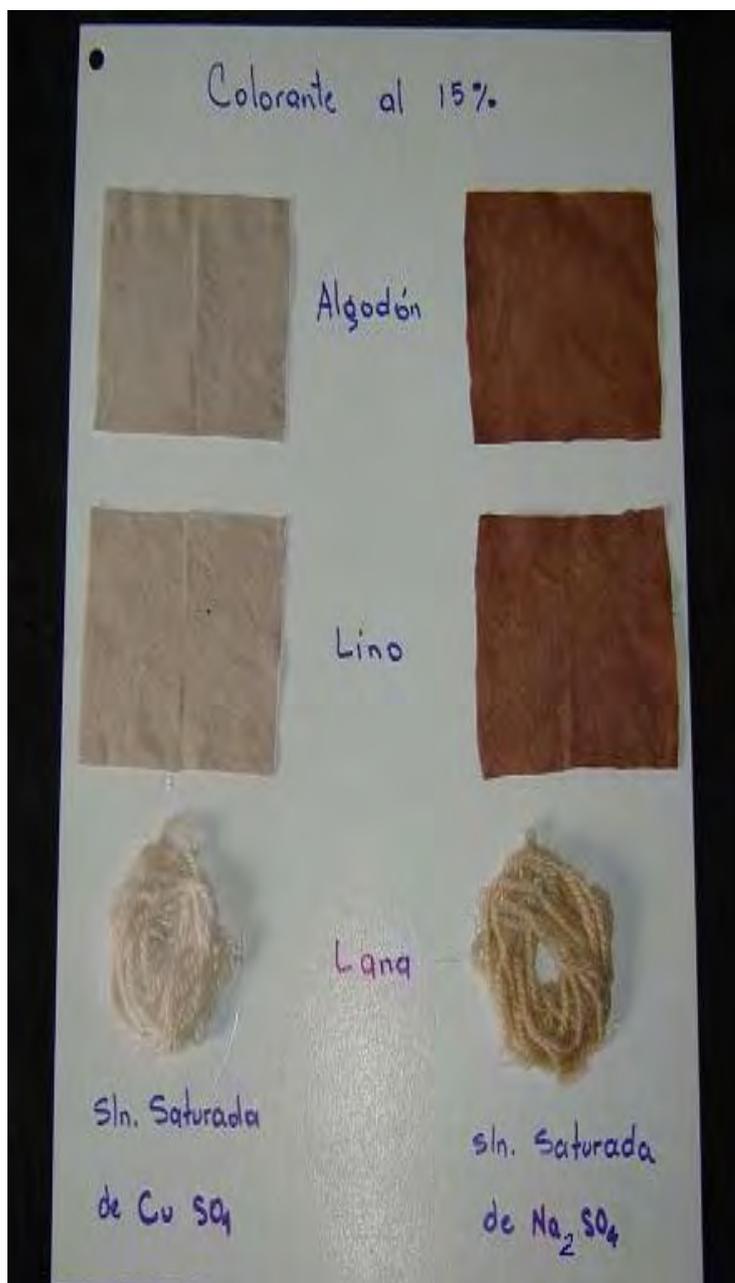


Fig. N° 42 Colorante al 15%

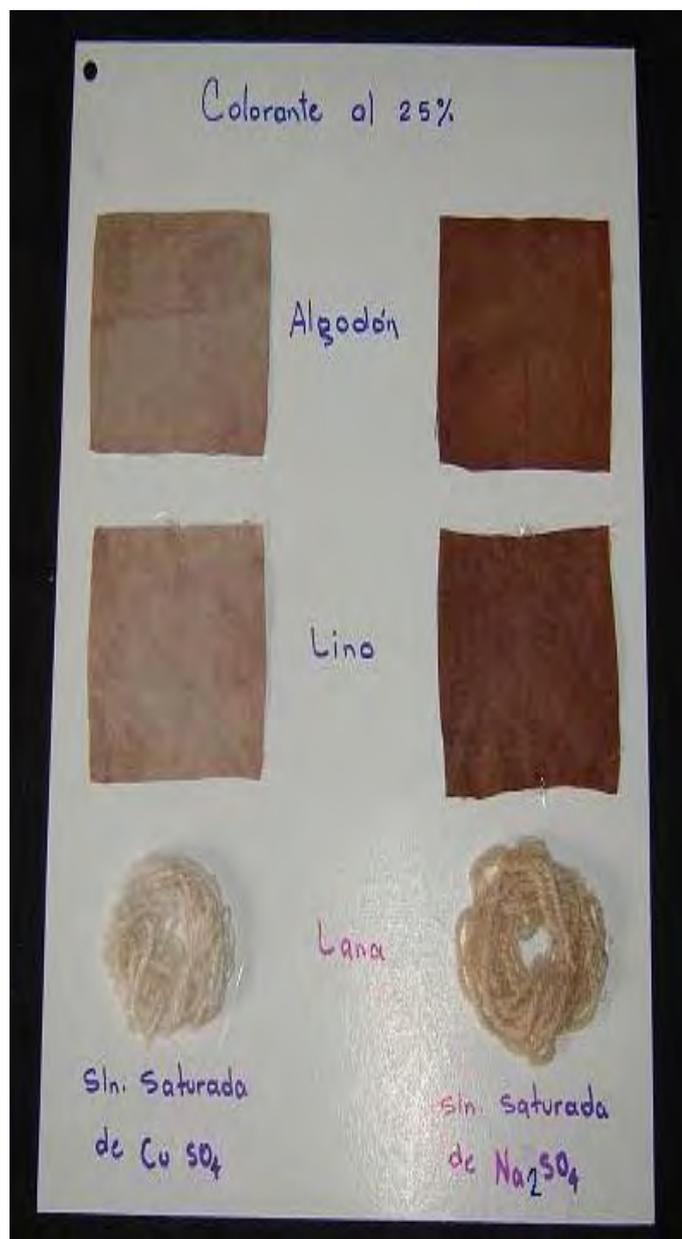


Fig. N° 43 Colorante al 25%

FIJACIÓN DEL COLORANTE EN CONCENTRACIÓN DEL 2% DE
 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ Y FeSO_4



Fig. N° 44 Colorante al 5%



Fig. N° 45 Colorante al 15%

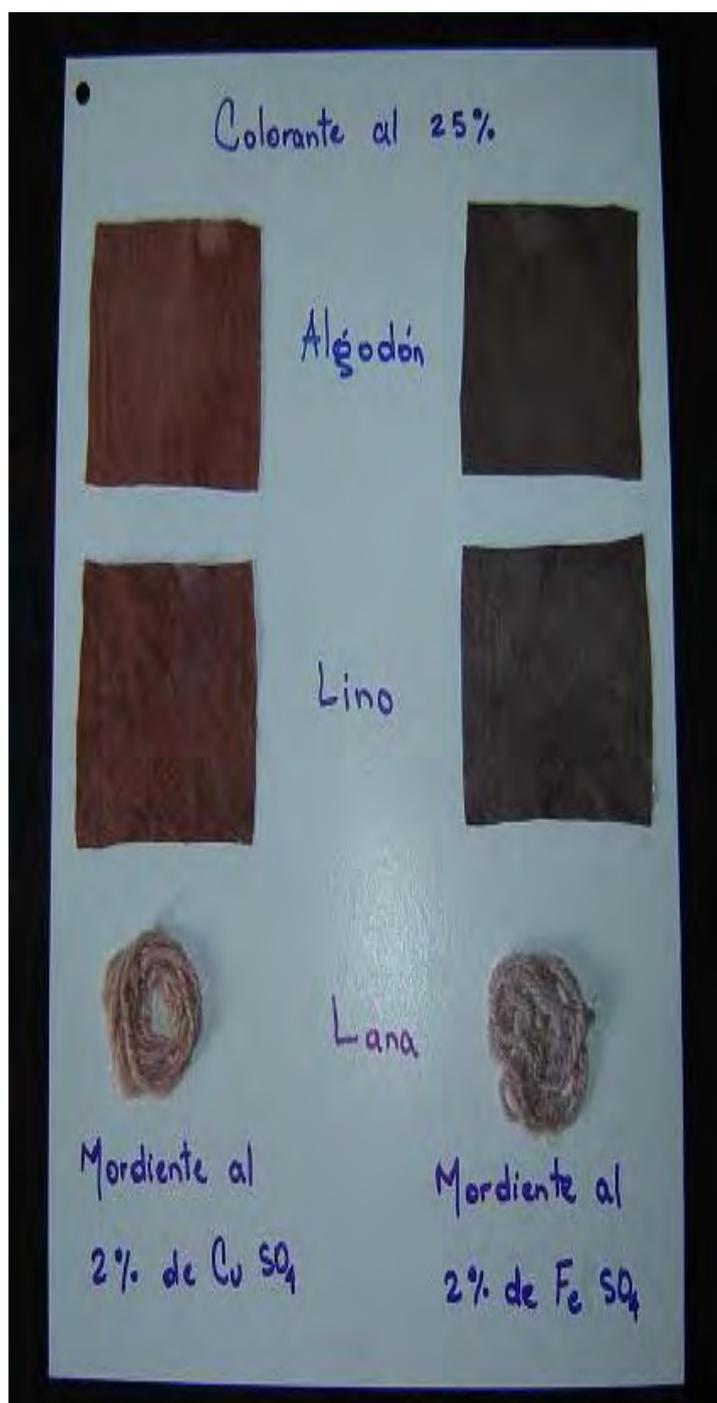


Fig. N° 46 Colorante al 25 %

FIJACIÓN DEL COLORANTE EN CONCENTRACIÓN DEL 4% DE
 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ y FeSO_4

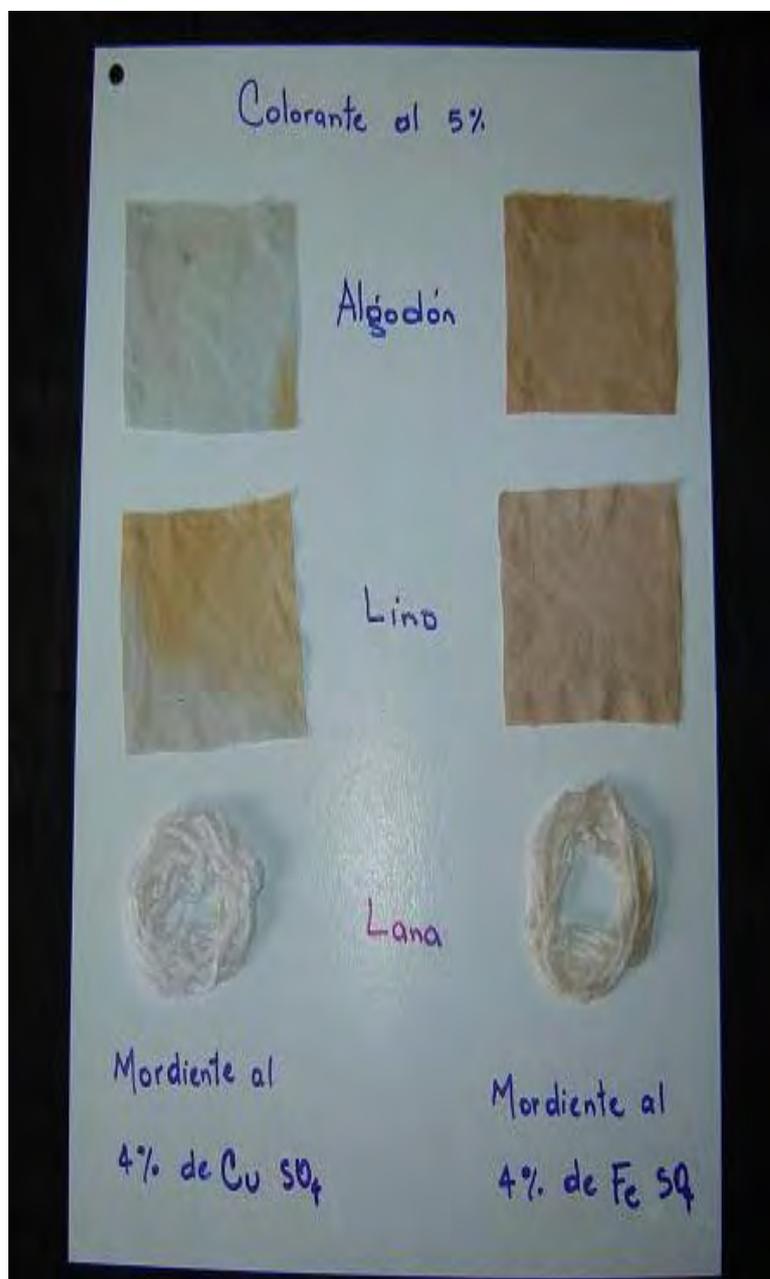


Fig. N° 47 Colorante al 5%



Fig. N° 48 Colorante al 15%

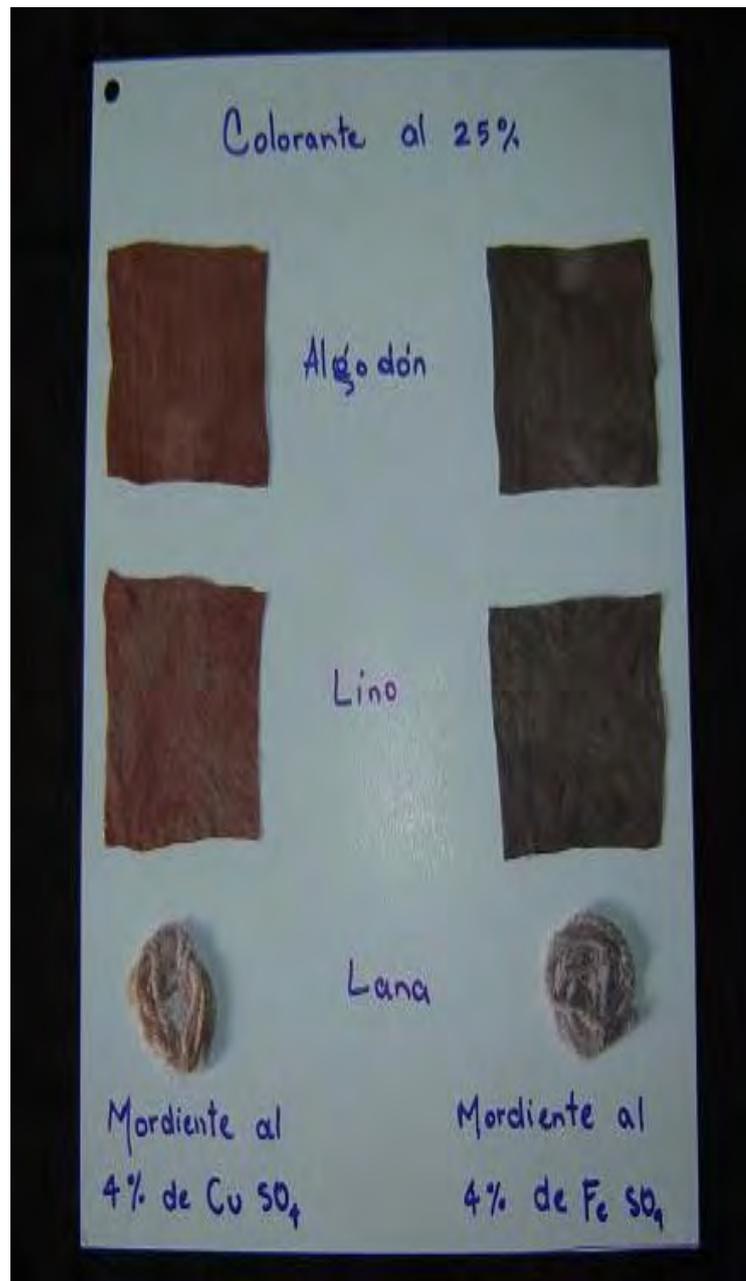


Fig. N° 49 Colorante al 25%

FIJACIÓN DEL COLORANTE EN CONCENTRACIÓN DEL 8% DE
 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ y FeSO_4



Fig. N° 50 Colorante al 5%



Fig. N° 51 Colorante al 15%

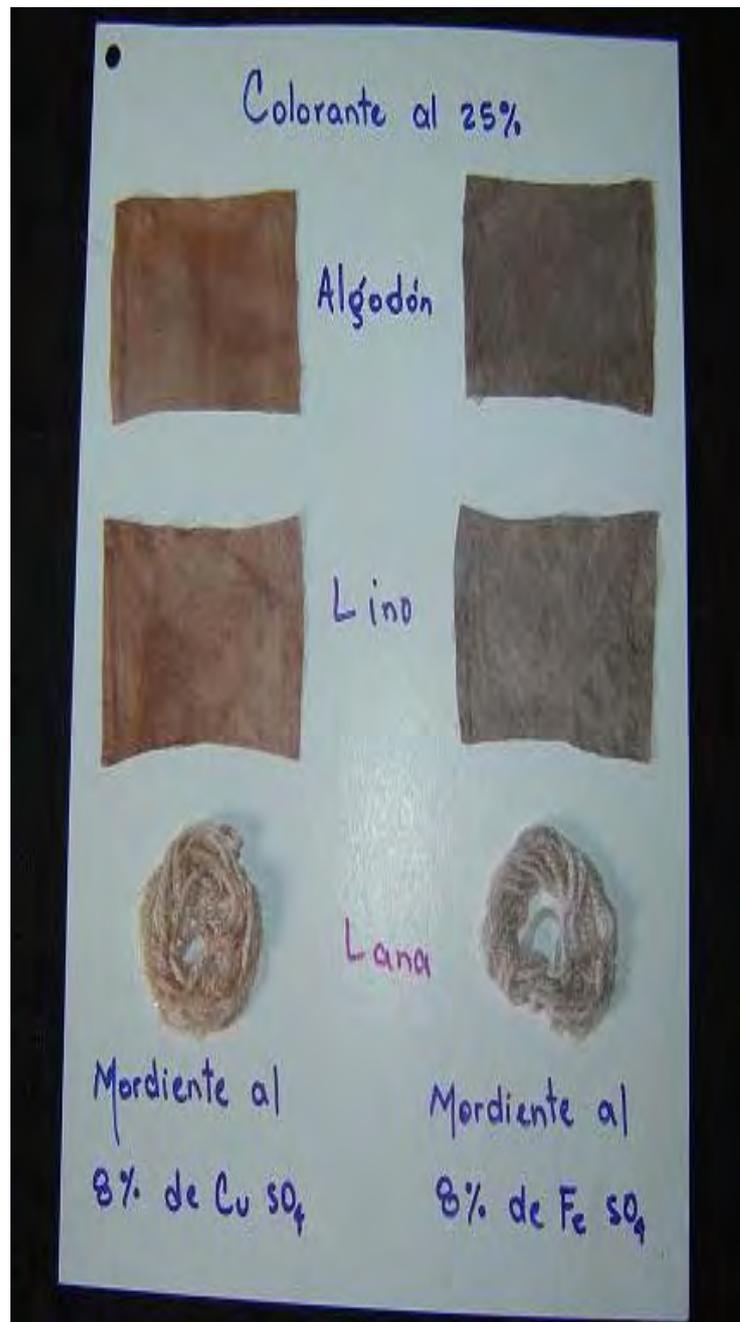


Fig. N° 52 Colorante al 25%



Fig. N° 53 Resultado del color fijado con solución saturada de Na_2SO_4 en la concentración del 25% del colorante.