



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA BIOLÓGICA Y BIOMÉDICA

TITULO DE INGENIERO QUÍMICO

**Estudio de colorantes orgánicos naturales como sensores de pH para
desarrollo de tiras indicadoras de producción nacional**

TRABAJO DE TITULACIÓN.

AUTORA : Jaramillo Cordero, Greysy Mariline

DIRECTOR: Sánchez Juárez, Aramis Azuri, Dr.

LOJA-ECUADOR

2019



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

201J

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

PhD.

Aramis Azuri Sánchez Juárez

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: "Estudio de colorantes orgánicos naturales como sensores de pH para desarrollo de tiras indicadoras de pH de producción nacional", realizado por Greesy Mariline Jaramillo Cordero, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, Septiembre 2019.

f).....

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Greysy Mariline Jaramillo Cordero declaro ser autora del presente trabajo de titulación: “Estudio de colorantes orgánicos naturales como sensores de pH para desarrollo de tiras indicadoras de producción nacional”, de la titulación de Ingeniería Química, siendo PhD. Aramis Azuri Sánchez Juárez director del presente trabajo, y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

f)

Autor: Greysy Mariline Jaramillo Cordero

Cédula: 1900839679

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

A Dios y la Virgen María, por ser el motor de mi vida y darme las fuerzas necesarias para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres Marco y Nely, quienes con su amor incondicional, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más. Gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo, superación, humildad y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mis hermanos Doreydi y Jander, por su cariño, comprensión y apoyo que me brindan siempre, por estar conmigo en todo momento y hacer de mi vida más completa y feliz.

A mis Abuelitos, presentes y ausentes Orlando y Luz, Lizardo y Rosa, que han sido como mis segundos padres, siempre junto a mí, cada vez que los necesito, escuchándome, aconsejándome, ayudándome y sobretodo cuidándome y brindándome su amor, haciendo de mí una persona con Fe y Esperanza en Dios.

A toda mi familia Jaramillo y Cordero, porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos los sueños propuestos.

Con todo su amor,

“GREY”

AGRADECIMIENTO

Gracias Dios, porque tu amor y tu bondad no tienen fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son resultado de tu ayuda, y cuando caigo y me pones a prueba, aprendo de mis errores y me doy cuenta que los pones en frente mío para que mejore como ser humano, y crezca de diversas maneras.

A mis Padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas, por siempre desear y anhelar lo mejor para mi vida, gracias por cada consejo y por cada una de sus palabras que me guiaron durante mi vida. Sobre todo gracias por el amor recibido, la dedicación y la paciencia con la que cada día se preocupan por mí y hacen todo lo posible por verme feliz.

Gracias a mis hermanos, por acompañarme con sus alegrías día a día, porque a pesar que he cometido errores me dan su apoyo y amor siempre, por no permitirme caer y estar siempre junto a mí, gracias por sus risas, bailes, gritos, peleas y juegos que me ayudan a crecer y tratar de ser mejor hermana.

Gracias a mis Abuelitos por permitirme disfrutar la vida a su lado, por enseñarme a disfrutar cada detalle de la vida y vivirla sin pensar que habrá un mañana, gracias por creer en mí.

A mi familia por apoyarme en cada una de las cosas que me propongo, por su cariño y aprecio que me demuestran siempre y a pesar que no somos perfectos recuerden que el amor sincero es lo que nos hace familia.

Agradezco a todos los docentes de la UTPL que con sus conocimientos y sabiduría aportaron en mi formación profesional y personal, en especial agradezco a mi director de tesis, PhD. Aramis Azuri Sánchez Juárez, por cada detalle y momento dedicado para aclarar cualquier tipo de duda que me surgiera, quien con su experiencia, conocimientos, me guio en el presente trabajo de investigación, apoyándome y ayudándome a buscar soluciones frente a los obstáculos que se presentaron, gracias por sus enseñanzas y confiar en mí.

A todas mis amigas y amigos por apoyarme cuando más lo necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por el cariño brindado cada día.

Finalmente, gracias a todos ustedes por existir y formar parte de mi vida, que de una u otra manera están presentes y me ayudan a crecer profesionalmente y aún más como persona.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDOS	PÁGINAS
CARÁTULA.....	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO I.....	5
1. MARCO TEÓRICO.....	5
1.1. Propiedades Químicas.....	6
1.1.1. Combustibilidad.....	6
1.1.2. Oxidación – Reducción.....	6
1.1.3. pH.....	6
1.2. Colorantes.....	7
1.2.1. Colorantes artificiales.....	7
1.2.2. Colorantes orgánicos naturales.....	10
1.3. Extracción de colorantes.....	17
1.3.1. Factores que determinan la extracción.....	17
1.3.2. Métodos de extracción.....	17
1.4. Aplicaciones de los colorantes orgánicos.....	19
1.5. Respuesta de los colorantes orgánicos naturales a sustancias con diferentes pH.....	20
CAPÍTULO II.....	23
2. METODOLOGÍA.....	23
2.1. Extracción de colorantes.....	25
2.1.1. Selección de la muestra.....	25
2.1.2. Tratamiento de la muestra.....	25
2.1.3. Extracción del colorante.....	26
2.1.4. Almacenamiento.....	27
2.2. Pruebas de respuesta al pH.....	28
2.3. Selección de colorantes.....	28

2.4. Fabricación de la tira indicadora.....	28
2.4.1. Selección de materiales.	28
2.4.2. Método de fabricación.	29
2.5. Diseño de empaque	30
CAPÍTULO III.....	32
3. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	32
3.1. Análisis de resultados	33
3.1.1. Elección de materia prima y solventes.	33
3.1.2. Tratamiento de la muestra.....	33
3.1.3. Obtención del colorante.....	35
3.1.4. Fabricación de la tira indicadora de pH.	39
3.1.5. Selección del pegamento y estabilidad del colorante en las tiras indicadoras.	39
CONCLUSIONES.....	41
RECOMENDACIONES	42
BIBLIOGRAFÍA.....	43
ANEXOS.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Colorantes artificiales.....	8
Figura 2. Estructura química de los azoicos.....	8
Figura 3. Estructura química de las Antraquinonas.....	9
Figura 4. Colorantes naturales.....	10
Figura 5. Estructura química de las Antocianinas.....	12
Figura 6. Estructura química de las Betalaínas.....	13
Figura 7. Estructura química de los Carotenoides.....	14
Figura 8. Estructura química de los Flavonoides.....	15
Figura 9. Estructura química de las Quinonas.....	15
Figura 10. Estructura química de las Xantonas.....	16
Figura 11. Estructura química de la Clorofila.....	16
Figura 12. Equipo soxhlet.....	18
Figura 13. Maceración directa con solventes.....	19
Figura 14. Estructura química de las Antocianinas y cambio de color según el nivel de pH.....	22
Figura 15. Flujoograma obtención del colorante.....	26
Figura 17. Pesado de la materia prima.....	27
Figura 16. Medida del disolvente.....	27
Figura 18. Almacenamiento de colorantes.....	28
Figura 19. Impregnación del colorante en el papel filtro.....	29
Figura 20. Modelo de recorte de los cuadros.....	29
Figura 21. Modelo del soporte de la tira indicadora.....	30
Figura 22. Diseño de etiqueta.....	31
Figura 24. Rábano.....	34
Figura 23. Cúrcuma.....	34
Figura 25. Col morada.....	34
Figura 26. Flor de hibisco.....	35
Figura 27. Extracción Flor de Hibisco-metanol.....	35
Figura 28. Extracción col-agua.....	36
Figura 29. Extracción rábano-agua.....	36
Figura 30. Extracción cúrcuma-acetona.....	36
Figura 31. Respuesta al pH, col-agua.....	37
Figura 32. Respuesta al pH, Flor de hibisco-metanol.....	37
Figura 33. Respuesta al pH, cúrcuma-acetona.....	37
Figura 34. Respuesta al pH, rábano-agua.....	38
Figura 35. Estándar de las tiras indicadoras de pH.....	39
Figura 36. Tirillas indicadoras de pH.....	39
Figura 37. Caja de almacenamiento.....	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones para el uso de pigmentos sintéticos.....	9
Tabla 2. Clasificación de los colorantes naturales según su naturaleza química.....	11
Tabla 3. Indicadores y cambio de color tanto en medio ácido y base.	20
Tabla 4. Resultados de algunos colorantes, según el nivel de pH.....	21
Tabla 5. Materia Vegetal.	25
Tabla 6. Disolventes.	26
Tabla 7. Selección de materias vegetales y solventes.....	33
Tabla 8. Concentración de la extracción del colorante.	35

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo el estudio de colorantes orgánicos de especies naturales para observar su respuesta a los diferentes niveles de pH y con ello proponer la producción de una tirilla indicadora comercial, se probaron 14 especies de materia vegetal y 9 solventes diferentes para la extracción del pigmento.

Los resultados obtenidos muestran que la maceración directa es mejor en temperatura caliente, ya que el colorante tiene un mayor desprendimiento de la materia vegetal; asimismo, los pigmentos que reaccionan con un rango más amplio de pH y los cambios de color se diferencian a simple vista según el nivel de pH con el que este interactuando, estos son: col-agua, flor de hibisco-metanol, en estado fresco, y, rábano-agua, cúrcuma-acetona, en estado seco. Finalmente se realiza la fabricación de la tirilla reactiva, teniendo como indicadores de pH a estos cuatros colorantes naturales.

Palabras clave: colorantes naturales, pH, tirilla reactiva.

ABSTRACT

The following research work aims to study organic colorants of natural species to observe their response to different pH levels thereby propose the production of a commercial indicator strip, 14 species of plant matter and 9 varied solvents were used for pigment extraction.

The results obtained showed that, the maceration is better in hot temperatures, since the colorant has a greater detachment of the plant matter. Likewise, the pigments that react with a wider range of pH and color could be distinguish easily according to the level of pH which it is interacting with. Those pigments can be: cabbage-water; hibiscus flower-methanol, in a fresh state, and, radish-water; turmeric-acetone, in the dry state. Finally, the manufacturing of the test strip was carried out using those natural dyes as pH indicators.

Keywords: natural colorants, pH, test strip.

INTRODUCCIÓN

Los colorantes pueden ser obtenidos mediante síntesis, aislada o derivada, con o sin intermediario alguno a partir de un vegetal, animal o mineral que puede ser aplicado a alimentos, medicamentos o cosméticos con el fin de aportar color al producto final, se considera uno de los parámetros más importantes de un producto ya que cuenta como carta de presentación entre el producto y el consumidor, por lo que define si es aceptado o rechazado por el mismo.

Actualmente existe una demanda considerable de colores naturales alternativos a colores sintéticos, por lo que ha llevado a muchas empresas a sustituir los colorantes artificiales cuando sea factible, por los naturales, aunque presentan menos capacidad de tinción que los colorantes artificiales, sin embargo, los colorantes artificiales son alterados por la luz ultravioleta, provocando riesgos en la salud humana.

La producción de pigmentos naturales en el Ecuador constituye una opción compatible con la conservación de los recursos naturales que ofrece el mismo, los cuales pueden ser manejados en forma sostenible desde el punto de vista ambiental, lo que origina el incremento de las normas de calidad y la optimización, por ese motivo hoy en día países productores se interesan en investigar sobre el aprovechamiento integral y sostenible de sus recursos y la generación de valor agregado, para comercializar los productos con las características exigidas y con la más alta normas de calidad.

La medición de niveles de pH es importante puesto que existen una gran variedad de procesos que pueden ser analizados por medio de dicho parámetro. Las siglas pH significa potencial de hidrógeno, esto es porque miden la actividad de los iones de hidrógeno en la materia. La escala bajo la que funcionan los indicadores de pH mide de 0 a 14. Para establecer un criterio sobre los valores positivos y negativos de la acidez, se toma un referente que se encuentra en un punto neutral y se establece justo en la mitad de la tabla con un valor de pH 7.0 correspondiente al agua.

En las industrias alimentarias, farmacéuticas y en los laboratorios miden los niveles de pH de los productos para la determinación del estado en que se encuentran como ácido, neutro o alcalino. Los cuales garantizan que se encuentren en un estado apto para el consumo; existen diversas formas de realizar a medición del pH, entre ellas tenemos: potenciómetros, gotas indicadoras y tiras reactivas medidoras de pH.

Los extractos naturales en la determinación de pH a nivel químico se han sintetizado de sustancias orgánicas, que al contacto con otras de características ácidas o básicas reaccionan produciendo coloraciones específicas, existen otros que no son usados comercialmente y que se obtienen a partir de materiales vegetales, sabiendo aprovechar el cambio de viraje que sufren al entrar en contacto con sustancias de carácter ácido o básico.

Las antocianinas son un grupo de pigmentos hidrosolubles ampliamente distribuidos en el reino vegetal, cuyos colores pueden variar de rojo a azul pasando por una gama de tonalidades que son producidas por la presencia de éstas sustancias químicas en los extractos.

Soluciones amortiguadora, buffer o reguladora de pH es aquella que mantienen un valor de pH en rangos estrechos, aún bajo pequeñas adiciones de ácidos o bases fuertes, aquellas soluciones son importantes debido a que se encuentran presentes en técnicas naturales, tales como: fluidos sanguíneos, alimentos y medicamentos. Un buffer está constituido por un sistema de pares compatibles de la misma familia de un electrolito débil, por lo que se debe mantener un valor de pH aproximadamente constante, lo que asegura la validación de la metodología en la medida que estabiliza los sistemas, para poder comparar los valores obtenido en la tira reactiva comercial, con la tira de papel indicador preparado.

El presente trabajo tiene el propósito de estudiar diferentes colorantes orgánicos naturales que tengan una respuesta al cambio de pH y con ello fabricar una tira indicadora del mismo, por medio de dos métodos distintos de extracción y con diferentes solventes para saber cuál de las dos metodologías es la más aceptable en la recuperación de los pigmentos, que se obtienen a través de la maceración; asimismo aportar conocimientos en el campo de investigación sobre la valorización que tienen los colorantes orgánicos como sensores de pH y su aplicación en la producción a nivel nacional.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Propiedades Químicas

Estas propiedades permiten a las sustancias modificarse o transformarse cuando se produce una reacción química. Es decir, que dichos cambios se dan con las mismas sustancias originales, formando sustancias nuevas. Entre algunas propiedades químicas de las sustancias tenemos: combustibilidad, oxidación - reducción y pH. (Daub & Seese, 1996)

1.1.1. Combustibilidad.

Es la mayor o menor facilidad con la que un material se quema, desprendiendo energía para consumirse; teniendo como resultado final un cambio distinto al material original. Por lo que se puede corroborar que se trata de una propiedad química, debido al cambio que sufre con la reacción que se da. (E. Ruiz, 2001)

La combustión se realiza cuando un material o sustancia que se encuentra a temperaturas elevadas combina con el oxígeno, de las cuales al quemarse se obtienen dos sustancias diferentes como el agua y el dióxido de carbono. (Picado & Álvarez, 2008)

1.1.2. Oxidación – Reducción.

Es una propiedad química ya que produce cambios que se dan mediante una reacción de transferencia de electrones.

La oxidación es un cambio químico que se da, debido a que un átomo se pierde electrones; en cambio en la reducción un átomo gana electrones. La oxidación y reducción se dan paralelamente porque el número de electrones que pierde el átomo en la oxidación lo gana el átomo en la reducción. (Teijon, 2006)

1.1.3. pH.

Es el potencial de hidrógeno o concentración de protones de una solución acuosa, varía según el medio en que se encuentre indicando si es ácido, neutro o alcalino; la escala de pH se encuentra en un intervalo de 0 a 14, teniendo como disoluciones ácidas a quienes se encuentre en un valor menor a 7, considerando una disolución neutra aquella que está en 7 y, por encima de 7 hasta 14 se las llama disoluciones alcalinas o bases. La medida de pH se puede hacer mediante la utilización de métodos electrométricos y métodos colorimétricos. (Guerrero, 1974)

- Métodos electrométricos.- también son conocidos como pH-metro y son sensores que mediante un proceso electroquímico pueden determinar el pH de cualquier sustancia; siendo una grandiosa herramienta, pero representan una inversión y un gasto constante. Debido a lo delicado de sus componentes, después de ser usado tiene que ser guardado en una solución con PH de entre 4 y 7 puntos para evitar daños. Una de las problemáticas con los potenciómetros es que si no reciben los cuidados necesarios, los resultados que arrojan pueden tener bastantes errores e incluso llegar a ser muy inexactos.

- Métodos colorimétricos.- se basan de un papel indicador de pH los cuales se impregnan de un químico que hace reacción con la sustancia, cambiando su estructura y lo reflejan con un cambio visible en su coloración, revelando la acidez o alcalinidad que contiene.

La medición de niveles de pH es importante puesto que existen una gran variedad de procesos que pueden ser analizados por medio de dicho parámetro. Por lo que se requieren sensores adecuados.

1.2. Colorantes

El color constituye una parte fundamental en el desarrollo del hombre, ya que es la parte mediante la cual el hombre percibe sensaciones visuales que se conciben a través de la estimulación de la retina del ojo, es la percepción por el ojo humano de los productos coloreados. (Badui Dergal, 2006)

A través de la vista se permite juzgar el aspecto de un alimento basándose en parámetros como: forma, textura y color ya que relaciona el grado de conformidad o placer que se obtendrá al adquirir el producto. Los colores de los alimentos se deben a diferentes compuestos que lo constituyen, principalmente orgánicos.(Badui Dergal, 2006)

Los colorantes, son pigmentos o sustancias que se encuentran en los seres vivos, y se obtienen por síntesis o extracción de una fuente de origen natural, que puede ser orgánica o inorgánica (animal, vegetal o mineral). Es cualquier aditivo que se utiliza para potenciar el color en alimentos, medicamentos, cosméticos o en industrias de textiles y papeleras. Su propósito es sencillamente el de otorgar un aspecto más atractivo a simple vista. (Arturo & Lemus, 2014)

Los colorantes tienen mayor aceptación cuando se usan para tornar de forma más agradable a simple vista los productos que los contienen, pero su uso se hace negativo cuando se utilizan para disimular alteraciones o sustituciones que no están permitidos para el consumo humano o animal. (Galarza, 2013)

Según la FDA (Administración de alimentos y Fármacos de Estados Unidos), los aditivos son sustancias que se le agregan, ya sea, directa o indirectamente a un producto para mejorar su presentación. Asimismo la agencia define un pigmento, sea de tipo artificial o natural como cualquier material que imparte color a otra sustancia, que venga de origen vegetal, animal, mineral u otra fuente de síntesis que cuando es aplicada a medicamentos, cosméticos u alimento imparte color por sí misma. (Pública, 2009)

Los colorantes se pueden dividir en dos grupos; siendo artificiales y naturales. Los artificiales requieren de una certificación, mientras que los naturales no son certificados.

1.2.1. Colorantes artificiales.

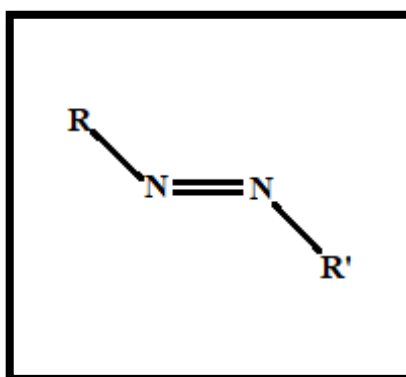


Figura 1. Colorantes artificiales.
Fuente:(Sánchez Juan, 2013)
Elaborado por:(Sánchez Juan, 2013)

Son colorantes obtenidos mediante sustancias químicas sintetizadas con alto grado de pureza y existen gran cantidad de ellos, principalmente tenemos: (Badui, 2006)

- Azoicos.

Químicamente se caracterizan por tener un grupo cromóforo $-N=N-$. Representan un 31,5% de ventas en el mundo.



Á

Figura 2. Estructura química de los azoicos.
Fuente:(Badui, 2006)
Elaborado por: La Autora.

Á

- Antraquinonas.

Su estructura química es uno o más grupos carboxilos en un sistema de anillos conjugados. Sus ventas a nivel mundial se encuentran en un 21,6%.

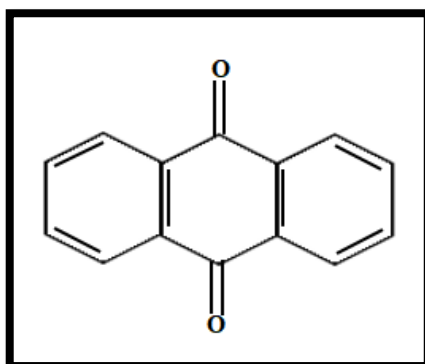


Figura 3. Estructura química de las Antraquinonas.

Fuente:(Badui, 2006)

Elaborado por: La Autora.

Á
Á

En el mundo de los colorantes existe una amplia variación de los mismos por el uso que tienen, a continuación en la tabla 1. Se detallan algunos: (Badui Dergal, 2006)

Tabla 1. Especificaciones para el uso de pigmentos sintéticos.

Nombre	Color	Usos
Rojo 3 Eritrosina	Rosa – azul	Salsas, bebidas carbonatadas, pan, cereales, emulsiones aceite/agua.
Rojo 40	Rojo – amarillo	Gelatinas, salsas, bebidas carbonatadas, bebidas en polvo, confitería, pan y cereales.
Amarillo 5 Tartracina	Verde – amarillo	Gelatinas, bebidas carbonatadas, bebidas en polvo, confitería, pan y cereales.
Azul 1	Verde – azul	Bebidas carbonatadas, bebidas en polvo, confitería, pan y cereales.
Azul 5	Azul intenso	Confiterías, gelatinas, emulsiones aceite/agua.
Verde 3	Verde – azul	Gelatinas, bebidas carbonatadas, bebidas en polvo, confitería, pan y cereales, emulsiones aceite/agua.
Naranja B	Rojo – amarillo	Helados
Azul V	Verde	Conservas vegetales, mermeladas, reposterías, caramelos.
Amarillo anaranjado S	Amarillo – naranja	Bebidas no alcohólicas, caramelos, helados, botanas y postres.

Amarillo de quinoleína	Amarillo intenso	Bebidas de naranja, bebidas alcohólicas, repostería, conservas vegetales, helados.
Indigotina	Azul	Bebidas no alcohólicas, caramelos, confitería y helados.
Rojo Ponceau	Rojo	Reposterías, caramelos y productos cárnicos.
Negro brillante	Negro	Para productos de imitación de caviar.

Fuente:(Badui, 2006)
Elaborado por: La Autora.

Á

Las ventajas de utilizar colorantes artificiales son amplias y tenemos las siguientes:

- Estabilidad en el color
- Amplia gama de tintes
- Costos bajos
- Gran efectividad
- Homogeneidad entre lotes

Entre las desventajas de utilizar pigmentos artificiales es que son considerados dañinos para la salud por su toxicidad y al momento de desecharlos son fuentes de contaminación para el medio ambiente.

1.2.2. Colorantes orgánicos naturales.

Á

Á
Á
Á
Á
Á
Á
Á
Á
Á
Á
Á
Á
Á
Á
Á



Figura 4. Colorantes naturales.
Fuente: La Autora.
Elaborado por: La Autora.

Á

Como origen de los colorantes naturales se pueden tener plantas, animales y algunas algas marinas, estos pigmentos no requieren de certificación para pureza química por parte de la FDA, eso se da por lo que son extraídos de la naturaleza; aunque también son sometidos a las mismas pruebas de calidad o toxicidad que los artificiales. (Badui Dergal, 2006)

Los colorantes naturales aportan color a los productos alimenticios y solventan los principios activos que se pierden durante el proceso industrial así evitando el uso de colorantes sintéticos que presentan toxicidad. (Monjelat et al., 2018)

Existen diferentes grupos de compuestos químicos presentes en los colorantes naturales y se pueden clasificar según su estructura molecular en: antocianinas, betalaínas, carotenoides, flavonoides, quinonas, xantonas y clorofila. (Lock, 1997)

Tabla 2. Clasificación de los colorantes naturales según su naturaleza química.

Naturaleza química	Algunos ejemplos	Color predominante
Carotenoides	Carotenoides	Amarillo-anaranjado
Tetrapirroles	Clorofila	Verde
Flavonoides	Antocianinas	Rojo-azul
	Flavonas	Blanco-crema
	Auronas	Amarillo
	Flavonoles	Amarillo-blanco
Xantonas	Xantonas	Amarillo
Quinonas	Naftoquinonas	Rojo-azul-verde
	Antraquinonas	Rojo-purpura
Derivados indigoides e índoles	Índigo	Azul-rosado
	Betalaínas	Amarillo-rojo

Fuente: (Lock, 1997)
Elaborado por: La Autora.

Por lo tanto, no todos los colorantes naturales pueden ser utilizados como sensores de pH, ya que no tienen ningún cambio al entrar en contacto con diferentes pH, debido a que son muy estables y no es un factor que afecta al compuesto; según eso, los colorantes a los que les afecta la estabilidad al cambiar el pH son las que presentan antocianinas en los diferentes niveles de pH y betalaínas en ciertos rangos de pH.

1.2.2.1. *Antocianinas.*

Son pigmentos naturales, que están presentes en muchas frutas, verduras y hortalizas, siendo las responsables de la coloración de las mismas ya que abarcan una gran gama de colores desde el rojo hasta el azul; el color de las antocianinas depende del número y orientación de los grupos hidroxilo y metoxilo de la molécula, aumentando en la hidroxilación se originan tonalidades azules mientras que aumentando en las metoxilaciones producen coloraciones rojas. Las antocianinas son glucósidos de antocianidinas, pertenecientes a la familia de los flavonoides. (Garzón, 2008)

Su estructura química se caracteriza por poseer dos anillos aromáticos, y un heterocíclico con oxígeno, que están unidos por un puente de tres carbonos los cuales pueden estar unidos a uno o más grupos hidroxilo. (Castillo, 2006)

Á

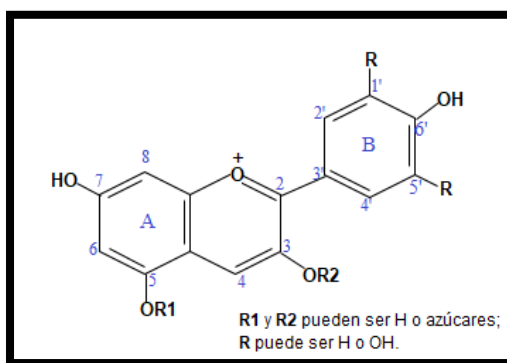


Figura 5. Estructura química de las Antocianinas.

Fuente:(Badui Dergal, 2006)

Elaborado por: La Autora.

Á

El catión flavilio es el núcleo central que compone la antocianidina, que unidas a Hidrógeno o azúcares forma las antocianinas, esto se debe a las variadas formas catiónicas del flavio. La estructura básica de las antocianinas es la hidroxilación en las posiciones 3,5 y 7, pero se diferencian en la sustitución del anillo B.

Se conocen entre 20 antocianidinas, en las cuales están: pelargonidina, delphinidina, cianidina, petunidina, peonidina y malvidina, siendo las más significativas; la interacción de éstas y los diferentes azúcares producen aproximadamente 300 antocianinas. Entre los azúcares que se utilizan solo cinco forman parte de la molécula y son: glucosa, ramnosa, xilosa, arabinosa y galactosa. Frecuentemente una misma antocianidina puede combinar con más de un carbohidrato para crear otras antocianinas y se unen mediante el hidroxilo de la posición 3, y en segundo término, en la posición 5. (Badui Dergal, 2006)

Las antocianinas muestran ser muy estables en medio ácido, dentro de un pH menor a 4 predomina el ion flavilio, siendo notable el color rojo intenso; e inestables en medio neutro o alcalino, es decir en pH mayor a 5 tienden a tener una coloración que van entre azul, verde y amarillo. (Química, 2013)

1.2.2.2. **Betaláinas.**

Son pigmentos nitrogenados hidrosolubles. Se pueden dividir en dos grupos estructurales principales, las betacianinas de rojo a rojo violeta y las amarillas betaxantinas. (Yi- Zhong Cai, Mei Sun, 2005)

Las betaláinas se localizan en vacuolas celulares de las flores, frutan y hojas; además solo se han encontrado en 10 familias, como son: Aizoaceae, Amaranthaceae, Basellanaceae,

Cactaceae, Chenopodaceae, Didiereaceae, Holophytaceae, Nyctaginaceae, Phytolaccaceae y Portulacaceae. (Badui Dergal, 2006)

Químicamente son alcaloides y derivados del ácido betalámico, mediante la condensación de una amina primaria o secundaria; son solubles en agua e hidrosolubles en etanol.

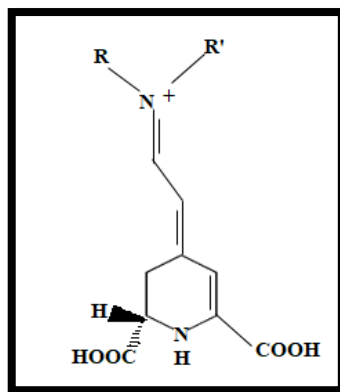


Figura 6. Estructura química de las Betalaínas.

Fuente: (Badui Dergal, 2006)

Elaborado por: La Autora.

Á

En su estructura contienen tres grupos carboxilo, un anillo ciclodopa y una estructura de amina en un sistema de dobles enlaces, por lo tanto hace que su naturaleza sea altamente iónica. (Badui Dergal, 2006)

El color de las betalainas no depende del pH, al contrario de lo que ocurre con las antocianinas. Las betacianinas mantienen su color púrpura sin ningún cambio entre pH 4 y 7 y los cambios que se producen a pH tan extremos como 2 o 9 son pequeños. (Galarza, 2013)

1.2.2.3. *Carotenoides.*

Son pigmentos solubles en lípidos, se encuentran ampliamente distribuidos en el reino vegetal cumpliendo generalmente con dos funciones: en la fotosíntesis y en la coloración de frutos y flores, en los que se presentan en coloraciones desde amarillo, naranja o rojizo. (Lock, 1997)

Todos estos compuestos corresponden a la clase de los polienos, cadenas largas con dobles enlaces conjugados, lo que explica el color intenso de los carotenoides. Químicamente se dividen en dos grupos: los carotenos, que son hidrocarburos, y las xantofilas, derivados oxigenados. (Badui Dergal, 2006)

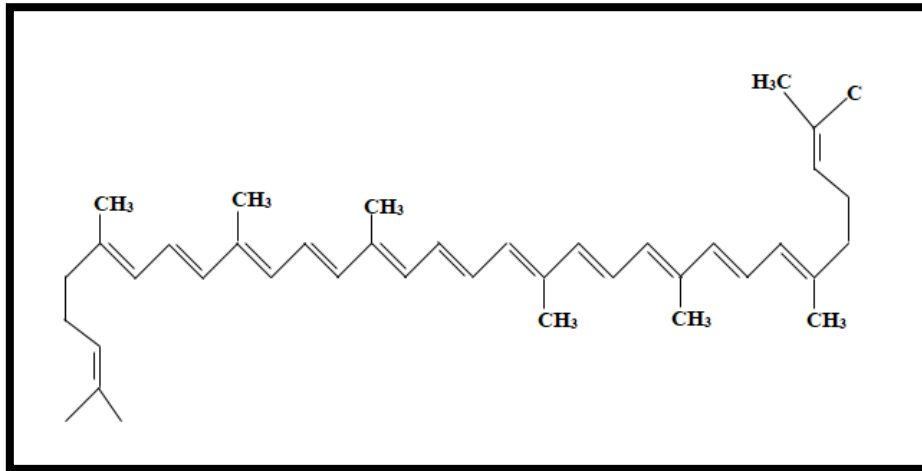


Figura 7. Estructura química de los Carotenoides.
Fuente:(Lock, 1997)
Elaborado por: La Autora.

Su estructura química está basada en el licopeno, consiste en una cadena larga de 8 unidades de isopreno; dando un sistema conjugado de dobles enlaces, en el cual el grupo cromóforo es el responsable de dar el color.(Lock, 1997)

1.2.2.4. *Flavonoides.*

Son pigmentos naturales presentes en los vegetales, forman parte de los grupos más numerosos que están presentes en los constituyentes naturales.

Estos compuestos son solubles en agua y etanol, se tornan de color amarillo y se emplearon durante mucho tiempo como colorantes de lana, siendo actualmente usados para la conservación de grasas o jugos de frutas debido a las propiedades antioxidantes de algunas polihidroxiflavonas. (Santa Cruz, 2005)

Químicamente, estas sustancias son de naturaleza fenólica y se caracterizan por poseer dos anillos aromáticos bencénicos unidos por un puente de tres átomos de carbono, con la estructura general C₆-C₃- C₆, los cuales pueden o no formar un tercer anillo. (Santa Cruz, 2005)

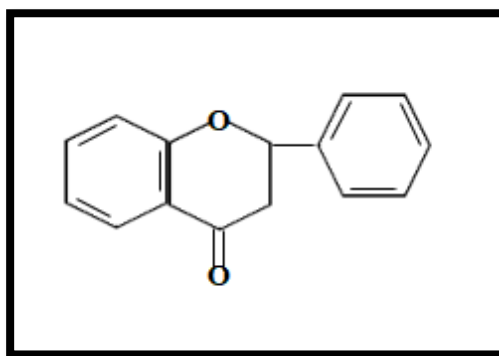


Figura 8. Estructura química de los Flavonoides.

Fuente:(Lock, 1997)

Elaborado por: La Autora.

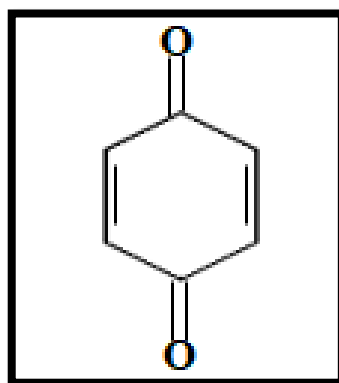
Á

En su estructura poseen como aglucón un núcleo flavililo, que está formado por dos anillos bencénicos y uno heterocíclico con oxígeno. Algunos flavonoides son precursores en la biosíntesis de las antocianinas y estos pueden poseer estructuras simples o muy complejas, según el grado de polimerización. (Badui Dergal, 2006)

Los flavonoides tienen una estructura química muy semejante a las antocianinas, pero se diferencian en la unión de los aglucosones, ya que la sustitución más habitual es en la posición 7 por ser la más ácida. (Badui Dergal, 2006)

1.2.2.5. *Quinonas.*

Son tintes de coloración amarillos, anaranjados o rojos y van hasta negros, poseen una buena resistencia a la luz. Son poco solubles en agua y solubles en solventes orgánicos. Se encuentran presentes en diversas especies vegetales. Químicamente se forman de la oxidación de compuestos aromáticos para dar la correspondiente diacetona. (Fdez, 1995)



Á

Figura 9. Estructura química de las Quinonas.

Fuente:(Lock, 1997)

Elaborado por: La Autora

1.2.2.6. *Xantonas.*

Son pigmentos fenólicos de coloración amarilla, estructuralmente están relacionados a los flavonoides, mostrando afín comportamiento en sus reacciones de coloración y movilidad cromatografía. Las xantonas se localizan en un número limitado de familias, principalmente

en las Gentinaceae y Guttiferae, y menos frecuentemente en las Polygalaceae, Leguminosae, Lythraceae, Moraceae, Loganiaceae y Rhamnaceae. (Lock, 1997)

Químicamente consta de seis carbonos conjugados en un sistema de anillos. La estructura química posee dos anillos de benceno unidos por un grupo carbonilo y oxígeno.

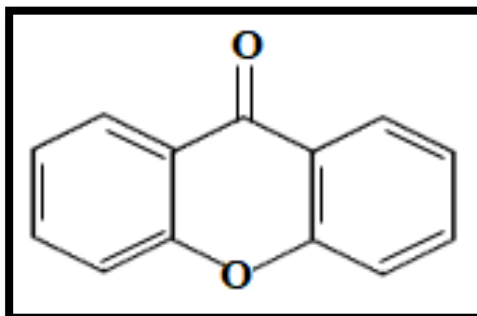


Figura 10. Estructura química de las Xantonas.

Fuente: (Lock, 1997)

Elaborado por: La Autora.

1.2.2.7. Clorofila.

Son pigmentos encargados de la coloración verde de las hojas de las plantas, debido a que son porfirinas que forman complejos con el átomo de magnesio, constituyendo así el cloroplasto; es un grupo químico formado por diferentes proporciones según la especie vegetal. Es de carácter liposoluble ya que en su estructura presenta una larga cadena lateral hidrocarbonada (radical fitilo). (Química, 2013)

La estructura de las clorofilas es una dihidroporfirina, compuesta de cuatro pirroles y un anillo de ciclopentanona. El grupo cromóforo es el responsable de absorber en la región visible. El compuesto metal-orgánico posee una estructura planar resonante con 10 dobles ligaduras; este componente con magnesio además da una fuerte influencia en el espectro de absorción y el color de los derivados de clorofila. Asimismo, se encuentran cadenas laterales de metilo, etilo, vinilo y ácido propiónico. La cadena lateral de ácido propiónico está esterificada a un alcohol de 20 átomos de carbono, el fitil. (Badui Dergal, 2006)

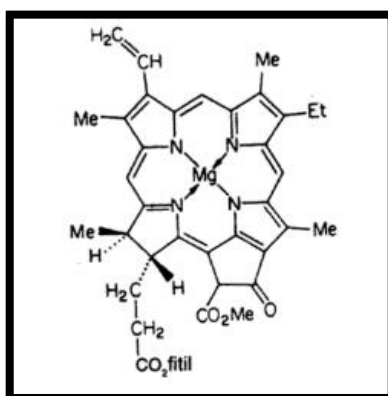


Figura 11. Estructura química de la Clorofila.

Fuente: (Lock, 1997)

Elaborado por: La Autora.

1.3. Extracción de colorantes

La extracción es una técnica de separación básica, fundamental dentro de un laboratorio para aislar compuestos de interés que tenga cualquier materia prima, existen varios tipos de materia de los cuales se puede extraer sólido-líquido, líquido- líquido, gas-líquido; asimismo diferentes tipos de extracción.

1.3.1. Factores que determinan la extracción.

Según (Carlos, 2005) son:

- **Tamaño de partículas.**

Este factor influye en la extracción en diferentes maneras. Un tamaño pequeño, proporciona una área interfacial más grande, favoreciendo el contacto entre el sólido y el líquido.

- **Solvente.**

El solvente que se elija deberá ser lo más selectivo posible, de baja viscosidad para que se pueda mezclar libremente con la materia.

- **Temperatura.**

En algunos casos conforme la temperatura aumente la solubilidad de la materia que está siendo extraída también crece, incrementando la velocidad de extracción; sin embargo en la mayoría de casos los colorantes vegetales son muy sensibles a la temperatura afectándolos, por lo que necesitan bajas temperaturas para que no se degraden.

- **Agitación del sistema.**

La agitación del sistema es importante porque aumenta la difusión y consecuentemente incrementa la transferencia de masa, además la agitación de suspensiones con partículas finas, evita sedimentaciones permitiendo el uso efectivo del área interfacial.

1.3.2. Métodos de extracción

1.3.2.1. *Extracción por soxhlet.*

Consiste en poner en contacto la materia prima con el disolvente que solubiliza los principios activos, luego se puede concentrar y eliminar mayor o menor cantidad del disolvente utilizado. La ventaja más importante que tiene este método de extracción es el continuo contacto de la muestra con una porción fresca del disolvente.



Figura 12. Equipo soxhlet.
 Fuente: (Canosa, 2009)
 Elaborado por: (Canosa, 2009)

El equipo Soxhlet realiza numerosas extracciones de modo automática, con el solvente que se evapora y condensa llegando siempre pura al material, por lo tanto se basa en las siguientes etapas (Química, 2013)

- Antes de comenzar la extracción el equipo debe estar armado y contener la muestra, luego ubicar el solvente que se va utilizar en el balón.
- Encender la plancha de calentamiento para producir la ebullición del solvente que se evapore hasta un condensador.
- El condensado cae sobre un recipiente que sujeta el dedal con la muestra.
- El nivel del solvente sube cubriendo el dedal hasta un punto en que se produce el reflujó el cual vuelve con el solvente y el material extraído al balón.
- Este proceso se repite cuantas veces sea necesario hasta que la muestra quede consumida. El material extraído o principio activo se ira concentrando en el balón que contiene el solvente.

1.3.2.2. **Extracción directa con disolventes mediante maceración.**

Consiste en cortar en trozos pequeños la materia prima que se va a extraer y sumergir en un determinado solvente, es decir que la materia prima se pone en contacto directo con el solvente. La maceración puede ser estática o dinámica.

La maceración estática es cuando la materia prima está en contacto con el disolvente y se queda en reposo el tiempo adecuado para que ocurra la extracción del producto de interés; mientras la maceración dinámica consta de agitación dentro del recipiente donde se encuentra el material y disolvente mediante un tiempo determinado, con fin de obtener el producto deseado. (Cardenas, 2013)

También se puede extraer el colorante a través de la maceración a temperatura ambiente, para lo cual trata de dejar la materia prima en remojo con el solvente a utilizar por varias horas; mediante esta técnica se puede extraer el colorante sin perder su composición química pero su rendimiento es bajo. Otra forma que se puede realizar la extracción es calentando el

solvente a una temperatura menor a la de su punto de ebullición para evitar que se degrade el colorante, su resultado es mejor debido al rendimiento que se obtiene.(Elias, 1988)

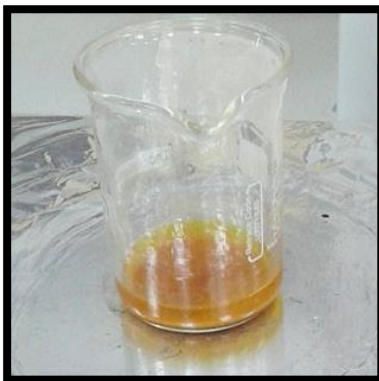


Figura 13. Maceración directa con solventes.

Fuente: La Autora.

Elaborado por: La Autora.

1.4. Aplicaciones de los colorantes orgánicos

Los productos artificiales nos permiten conseguir casi cualquier cosa; los productos naturales también pueden. Esta es la razón por la que hablaremos de las amplias aplicaciones que tienen los colorantes naturales en diferentes ámbitos de producción, tales como industrias alimentarias, textiles y cosméticos.

Según estudios realizados se observa los grandes resultados que tienen los colorantes naturales orgánicos, entre ellos tenemos:

- Extracción de pigmentos naturales por el método de liofilización para la elaboración de acuarelas tóxicas.

Busca diseñar pastillas para acuarelas que no sean tóxicas, utilizando los extractos de pigmentos naturales que se encuentran en el betabel, cilantro, cúrcuma y muhite; teniendo un resultado favorable ya que no presentan ningún tipo de toxicidad o efectos secundarios y se obtuvieron 4 colorantes probadas a través de su uso en el pincel y con personas que al utilizarlas no presentaron alguna reacción dañina a su cuerpo. (Puebla & Puebla, n.d.)

- Obtención de colorantes naturales a partir de mortiño, uvilla y tuna para uso alimenticio.

El objetivo de esta investigación es de obtener los colorantes naturales del mortiño, uvilla y tuna para el uso alimenticio; luego del proceso de extracción procedieron a realizar la aplicación de los colorantes en un yogurt natural Toni con un pH de 4.26, ya que este cumple con los parámetros que son aptos para el consumo humano, teniendo como resultado que el pH del yogurt se mantiene estable con los colorantes naturales durante tres semanas, por lo tanto se determina que se pueden emplear los colorantes naturales ya que la vida útil del yogurt en la etiqueta es de cuatro semanas.(Química, 2013)

- Caracterización y obtención de un colorante natural a partir de la *Baccharis Salicifolia* (Chilca Blanca) para uso textil.

Su propósito es obtener un colorante natural que remplace al colorante artificial en el tintóreo textil, en este caso se estudia la Chilca Blanca para la determinación de sus propiedades químicas y poder utilizarla como tinte textil; en respuesta al estudio se obtiene como resultado que es un colorante con gran afinidad a la lana y con el nylon, mas no con el algodón, poliéster ni acrílico, ya que es un colorante de carácter ácido. Presentándose en colores amarillos, café y verde. (Paredes Martinez, 2002)

1.5. Respuesta de los colorantes orgánicos naturales a sustancias con diferentes pH

Los ácidos y bases son dos grupos de sustancias con gran importancia en la química, se identifican por las propiedades que tienen para cambiar de color a unas sustancias llamados indicadores. Los cambios de color que se observan nos dan información sobre el estado de pH en el que se encuentran. (Serrano, Antonio. Molina, 2015)

Entre los indicadores más empleados se encuentran los siguientes: tornasol, rojo congo, violeta de metilo, azul de brotimol, rojo neutro, fenolftaleína, naranja de metilo, rojo de metilo, púrpura de cresol, rojo de cresol, timolftaleína, azul de timol, naranja de etilo, rojo de fenol, amarillo de alizarina y verde de bromocresol. (J. Ruiz, 2010)

Tabla 3. Indicadores y cambio de color tanto en medio ácido y base.

Indicador	Rango de viraje pH	Color ácido	Color base
Tornasol	4,5 – 8	Rojo	Azul
Fenolftaleína	8 – 10	Incoloro	Violeta
Naranja de metilo	3,1 – 4,4	Rojo	Naranja – amarillo
Rojo de metilo	4,2 – 6,2	Rojo	Amarillo

Fuente:(J. Ruiz, 2010)
Elaborado por: La Autora.

Según estudios realizados se han encontrado que se pueden utilizar como indicadores de pH algunos colorantes naturales como: el curry, la col lombarda y los pétalos de rosas rojas. En el cual se observan resultados favorables con respecto a la respuesta que tienen con diferente nivel de pH con el que se ponen en contacto, esto se da por la presencia de antocianinas en la col lombarda, como en los pétalos de rosas y en el curry se encuentra las curcumina. A continuación se detallan cada uno de los resultados:

Tabla 4. Resultados de algunos colorantes, según el nivel de pH.

Col lombarda		Pétalos de rosas		Curry	
Color	pH	Color	pH	color	pH
Rojo	0 – 4	Rojo y violeta claro	0 – 2	Amarillo	0 – 6
Violeta	6	Violeta gris	3 – 7	Naranja	6 – 9
Azul	7 – 9	Amarillo	8 – 10	Marrón oscuro	9 – 14
Verde	10 – 12	Verde	11		
Amarillo	13 – 14	Marrón	13 – 14		

Fuente: (J. Ruiz, 2010)
Elaborado por: La Autora.

Cambios de color de las antocianinas según el pH

Estos pigmentos funcionan como indicadores de pH por su estructura molecular, ya que en ella se encuentra el catión flavilio, el cual tiene una deficiencia electrónica es decir carga positiva y posee una gran variedad de transformaciones moleculares en función de la concentración de protones, por ello su cambio de color depende del entorno en que se encuentre, bien sea: ácido o alcalino.

La estructura del catión flavilio a pH ácido se encuentra estable y normalmente presenta una amplia variedad en colores rojos intensos causada por la conjugación extendida entre los dos fragmentos aromáticos que permiten la absorción de luz visible; al hidratarse el catión flavilio se produce la base carbinol, la cual no absorbe luz y es incolora, debido a que no existe la conjugación entre el fragmento monocíclico y el resto de la molécula, por la cual prohíben la absorción de luz visible; al aumentar el pH, la estructura electrónica se modifica hasta llegar a la forma de base quinoidal, tornándose colores como: azules, verdes y amarillos, esto se da por la presencia de conformaciones aniónicas con una fuerte conjugación extendida.

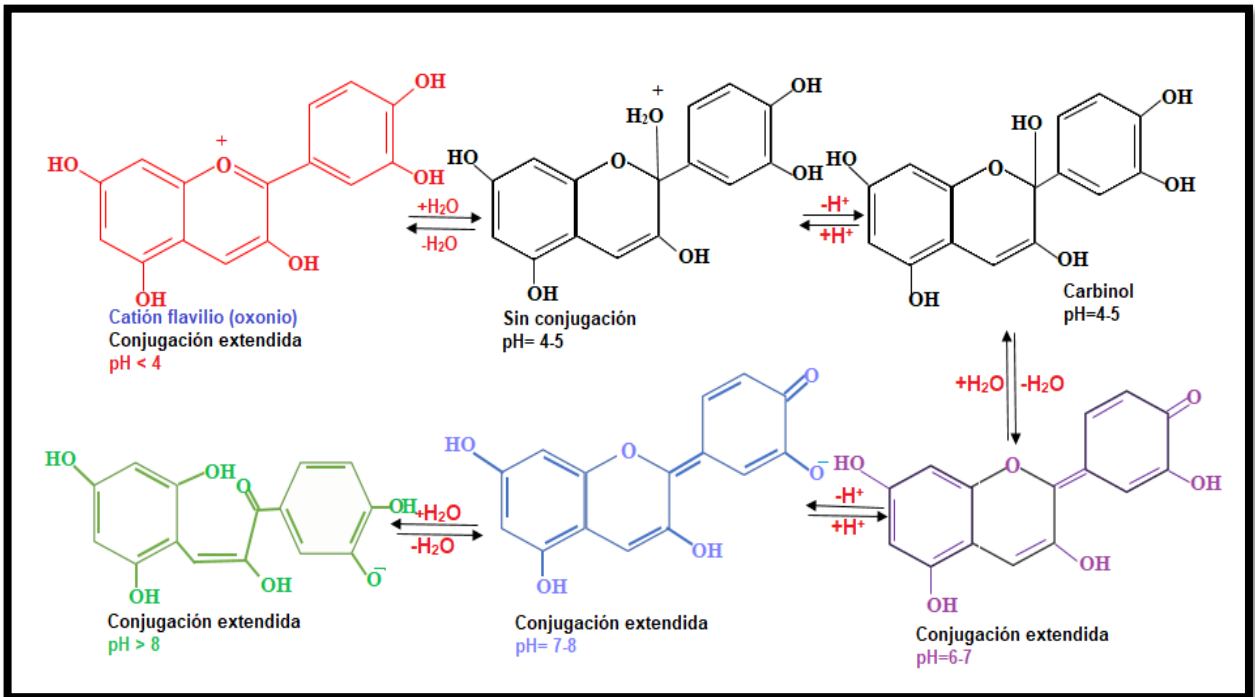


Figura 14. Estructura química de las Antocianinas y cambio de color según el nivel de pH.

Fuente:(G, 2014)

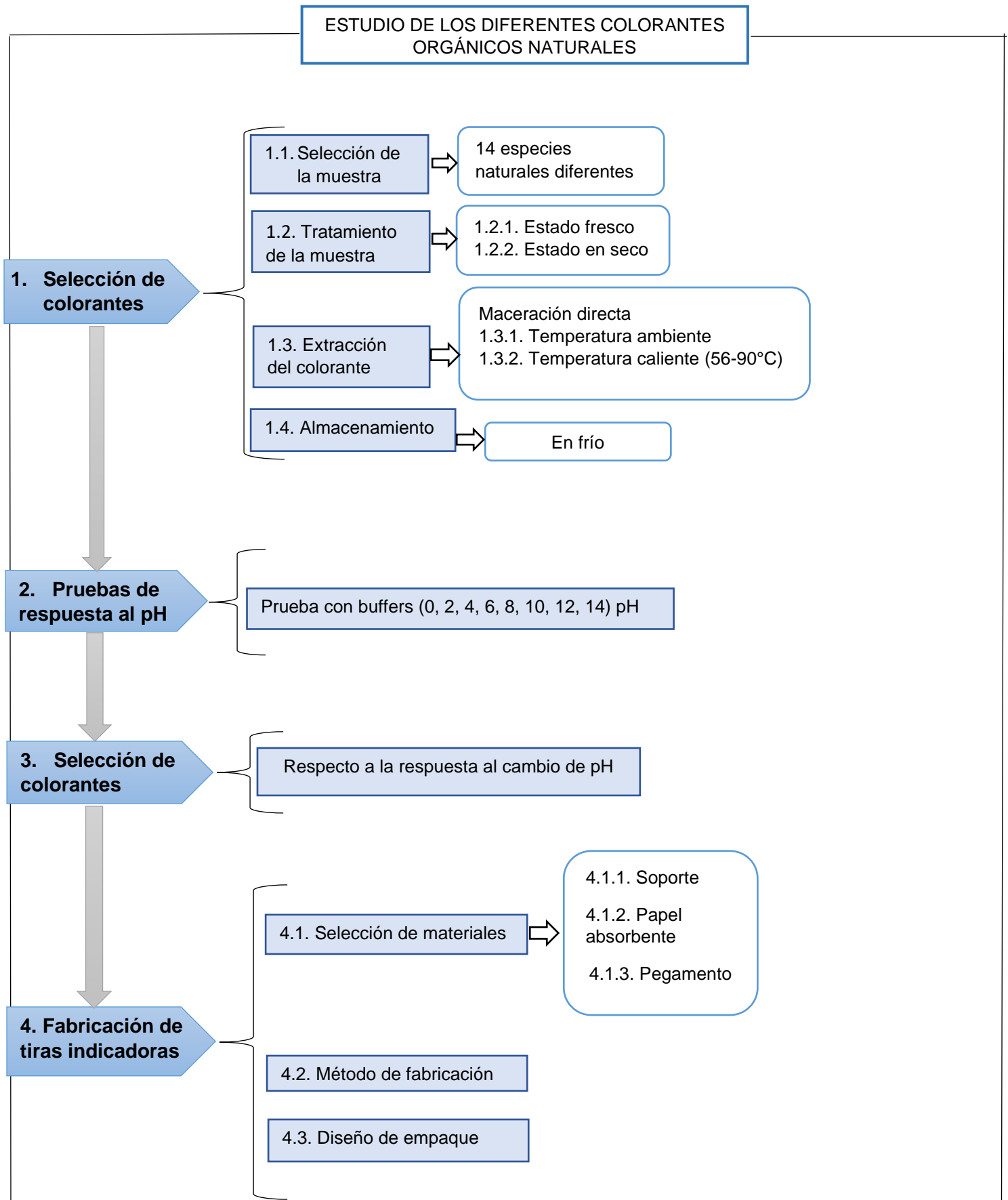
Elaborado por: La Autora.

4

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

El objetivo principal de esta sección es describir la metodología aplicada en el estudio de los diferentes colorantes, desde su extracción hasta la fabricación de una tirilla indicadora de pH; como se muestra a continuación en el diagrama de proceso:



2.1. Extracción de colorantes

2.1.1. Selección de la muestra.

Para seleccionar la materia prima de la cual se obtienen los colorantes orgánicos, se tomó en cuenta la localización, el costo, la disponibilidad de los mismos, y la bibliografía encontrada sobre estudios de algunos colorantes que tienen otras aplicaciones a nivel industrial; para estudiar los que tienen la mejor respuesta al cambio de pH y por ello las muestras que se analizaron fueron varias que se detallan a continuación:

Tabla 5. Materia Vegetal.

Café	Col morada	Mortiño
Cáscara de manzana roja	Cúrcuma	Reina claudia
Cáscara de mango rojo	Escancel	Remolacha
Cáscara de piña	Flor de hibisco	Zanahoria
Cáscara de rábano	Mora	

Fuente: La Autora.

Elaborado por: La Autora.

2.1.2. Tratamiento de la muestra.

Para realizar el tratamiento de la muestra se procedió mediante dos procesos, el primero teniendo la materia prima en estado fresco y el segundo realizando el secado de la materia prima, para observar cuál de los dos métodos da un mejor rendimiento en la obtención del colorante. En los dos casos inicialmente se parte de la misma manera:

- Realizar el lavado de la materia prima para limpiar las impurezas, además eliminar alguna parte que se encuentre degradada de la materia con la que se va a trabajar.
- En el caso del rábano, manzana, mango, piña y reina claudia se quitó la cáscara ya que solo se utiliza esa parte de la materia.
- Trozar finamente cada una de las muestras.

Mediante el primer proceso:

- Las muestras son utilizadas en estado fresco tal como se las encuentra.

Mediante el segundo proceso:

- Las muestras se las lleva a la estufa para su secado a una temperatura de 45°C durante 3 días; pasado ese tiempo se trituran hasta obtener un tamaño de muestra muy fino.

2.1.3. Extracción del colorante.

Se desarrolla a través de la maceración de cada una de las materias primas con diferentes disolventes, para observar con cuál de ellos se obtiene un colorante de mayor concentración y cambio a un determinado nivel de pH.

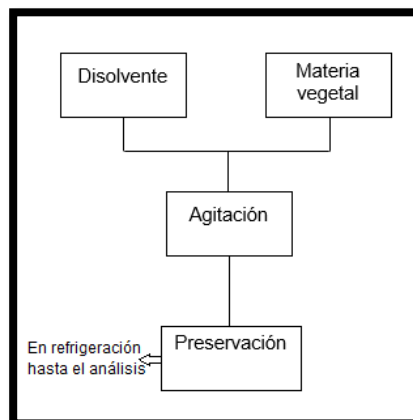


Figura 15. Flujograma obtención del colorante.

Fuente: La Autora
Elaborado por: La Autora.

Los disolventes que se utilizaron para realizar el estudio se detallan a continuación:

Tabla 6. Disolventes.

Agua	Etanol	Metanol
Acetona	Hexano	Propanol
Agua oxigenada	Isobutanol	Vinagre

Fuente: La Autora.
Elaborado por: La Autora.

Se desarrollaron los dos métodos de maceración, el primero en frío, es decir a la temperatura ambiente y el segundo, la maceración con calor, para luego comparar de cual se adquieren una mayor extracción del colorante. Para los dos métodos se utiliza las mismas proporciones de la materia prima y el solvente.

- Mezclar la muestra de cada una de las materias primas, tanto frescas como secas con el disolvente; en una relación 1-10 p/v, es decir, se pesa 1g de muestra y se disuelve en 10ml del solvente a utilizar.



Figura 16. Medida del disolvente.

Fuente: La Autora.

Elaborado por: La Autora.

Á



Figura 17. Pesado de la materia prima.

Fuente: La Autora.

Elaborado por: La Autora.

Mediante el primer método:

- Llevar a una agitación de 150 rpm durante 30 minutos y a temperatura ambiente; luego se deja reposar por 24 horas.

Mediante el segundo método:

- Se lleva a calentar la muestra con el disolvente hasta que llegue al punto de ebullición y se las mantiene durante 10 minutos, con una agitación a 150 rpm.
- Posteriormente se retira y se deja reposar durante 24 horas en la estufa a una temperatura de 45°C, para que se evapore un poco más el solvente y el colorante tenga una mayor concentración.

2.1.4. Almacenamiento.

Pasado el tiempo de maceración se filtró la mezcla mediante un embudo y papel filtro, con el fin de separar el sólido del líquido, siendo este, el colorante y se lo guardó en frascos ámbar

bien tapado, en refrigeración para evitar que se degraden, debido a que son obtenidos de materia orgánica natural.



Figura 18. Almacenamiento de colorantes.

Fuente: La Autora.

Elaborado por: La Autora.

2.2. Pruebas de respuesta al pH

Se tomaron alícuotas de 100 μ l del colorante y 100 μ l de buffers que están a diferente pH, se mezclaron en celdas y se agitaron para que reaccionen y observar el cambio de color que tienen con cada disolvente y el cambio pH.

2.3. Selección de colorantes

Se seleccionan los colorantes que reaccionen con un rango más amplio de pH y los cambios de color sean diferenciables a simple vista según el nivel de pH con el que este interactuando. Para la selección de los colorantes también se tiene en cuenta los mejores resultados obtenidos, según la concentración que tenga el colorante, mediante el primer o segundo método.

2.4. Fabricación de la tira indicadora

2.4.1. Selección de materiales.

Para desarrollar la tira indicadora se eligieron los materiales que se necesitan para la fabricación de las tirillas, teniendo en cuenta cada una de las partes que la componen, en este caso se tomaron tres:

- Soporte: que está compuesto de láminas de acetato, se eligió este material debido a su disponibilidad, bajo costo y su composición química que al interactuar con los diferentes niveles de pH no interfiere en el cambio de color de los colorantes.
- Papel absorbente: para la impregnación del colorante se utilizó papel filtro por su capacidad de absorber los diferentes colorantes y el cambio que tiene al ponerse en contacto con las sustancias a diferentes pH.
- Pegamento: que se utiliza para juntar el papel absorbente con el soporte, para ello se probaron diferentes tipos de pegamento como cola blanca, silicona y esmalte acrílico transparente.

2.4.2. Método de fabricación.

Se recorta el papel filtro en cuadros para evitar que el colorante se acumule en los filos de cada cuadro, teniendo así una coloración homogénea en todo el papel al momento de sumergirlo al colorante; luego de sumergir el papel se retira del colorante y se deja secar a temperatura ambiente durante tres días, para asegurar que la mayor cantidad de colorante es absorbida por el papel.

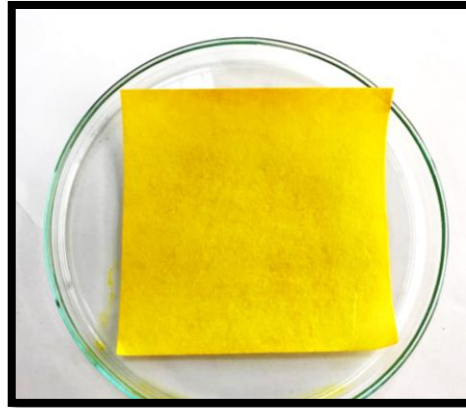


Figura 19. Impregnación del colorante en el papel filtro.
Fuente: La Autora.
Elaborado por: La Autora.

- Después se corta en forma de cuadros con dimensiones de 0,4 cm de largo y 0,5cm de ancho cada pedazo.



Figura 20. Modelo de recorte de los cuadros.
Fuente: La Autora.
Elaborado por: La Autora.

Á
Á
Á

Á
Á
Á
Á

Á

- Se preparan las tirillas que sirven como soporte, para ello se recorta el papel acetato en dimensiones de 8cm de largo y 0,5cm de ancho.

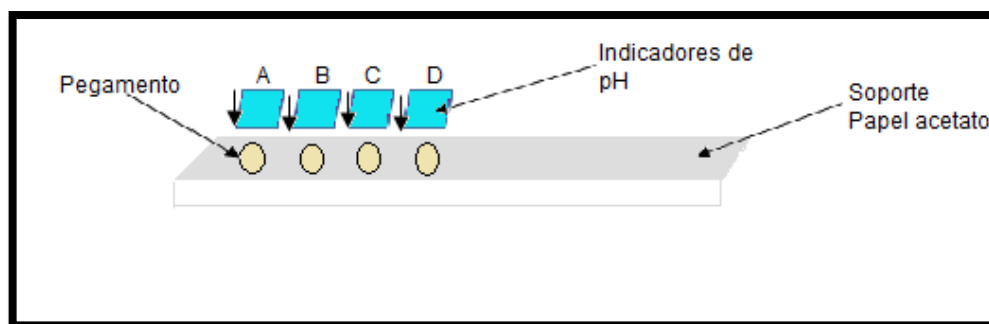


Figura 21. Modelo del soporte de la tira indicadora.

Fuente: La Autora.

Elaborado por: La Autora.

4

- Proceder a pegar un cuadro que contiene cada uno de los diferentes colorantes, en la base que es la tirilla de papel acetato, posterior se deja secar durante 24 horas y están listas para utilizarse.

2.5. Diseño de empaque

Las tiras indicadoras se guardan en una caja plástica, la cual en la parte exterior lleva una etiqueta del cambio de color que sufre cada colorante a un diferente nivel de pH, misma que sirve para la comparación de las tirillas al entrar en contacto con alguna sustancia, ya sea, ácida, neutra o alcalina.

Para la fabricación de la etiqueta se tomó las medidas de la caja plástica las cuales son: 13,2cm de largo y 7,3cm de altura. El esquema es similar a una caja de tirillas reactivas comercial, por lo tanto se ubica en forma ascendente cada uno de los colores que están a un nivel de pH, desde 0 a 14 y se realiza un diseño para brindar una mejor presentación del producto.

Á

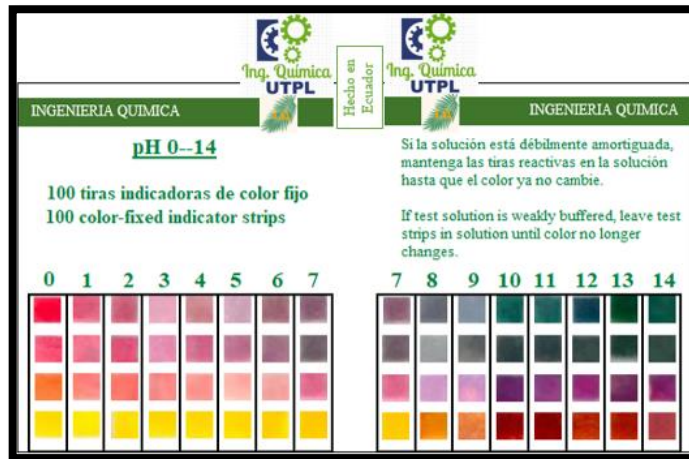


Figura 22. Diseño de etiqueta.
Fuente: La Autora.
Elaborado por: La Autora.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. Análisis de resultados

3.1.1. Elección de materia prima y solventes.

Luego de realizar el estudio con los diferentes colorantes y disolventes con los que se trabajó según se explica en la metodología, en la tabla 7. Se listan los colorantes que presentan un mayor cambio de color en diferente nivel de pH al que es sometido, y que se puede diferenciar a simple vista, por lo tanto pueden ser utilizados como sensores de pH, asimismo los solventes a utilizar es mejor cuando más polares sean, ya que presentan más solubilidad entre el sólido y el líquido; igualmente en las pruebas realizadas con pétalos de rosa, cúrcuma y la col lombarda (Heredia, 2017), donde, el solvente que utilizó en la extracción fue agua; además en el estudio de obtención de un papel indicador, realizado por Ruiz, (2010) utiliza como indicadores de pH algunos colorantes naturales como: el curry, la col lombarda y los pétalos de rosas rojas, en el cual tiene como solventes agua, etanol y metanol.

Tabla 7. Selección de materias vegetales y solventes.

Materia prima	Solventes
Cúrcuma	Acetona
Flor de hibisco	Metanol
Col morada	Agua
Cáscara de rábano	

Fuente: La Autora.

Elaborado por: La Autora.

3.1.2. Tratamiento de la muestra.

Comparando los resultados, tanto, en estado fresco como seco, se puede observar que en el caso de la cúrcuma y la cáscara de rábano, es mejor utilizarlas secas para evitar que se degraden, pues se utilizan de estas materias solo la cáscara, a diferencia de los estudios realizados por los autores (Heredia, 2017) y (Ruiz, 2010) en las cuales emplearon las muestras solo en estado fresco; por lo tanto sus resultados fueron mejores al trabajar con la col morada, ya que obtuvieron mayor recuperación del colorante en comparación de la cúrcuma y pétalos de rosas. Con las flores de hibisco y col morada se obtienen mejores resultados trabajando en estado fresco porque se ocupa todo el fruto; por lo tanto, al emplearlos en la maceración el color de la materia vegetal tiene un mayor desprendimiento y por ende existe una mejor recuperación del colorante, de la misma manera que en los estudios realizados por (Xiahong Zhang, 2014) con flores rojas.

.Á

Á



Figura 23. Cúrcuma
Fuente: La Autora.
Elaborado por: La Autora.



Figura 24. Rábano
Fuente: La Autora.
Elaborado por: La Autora.



Figura 25. Col morada
Fuente: La Autora.
Elaborado por: La Autora.



Figura 26. Flor de hibisco
 Fuente: La Autora.
 Elaborado por: La Autora.

3.1.3. Obtención del colorante.

Para la extracción del colorante se optó por el segundo método, mediante el cual se obtiene mayor concentración del pigmento, como se muestra en la tabla 8. En comparación del primer método empleado. Esto se debe a que al calentarse la materia prima su pigmento empieza a desprenderse en el solvente, quedándose el colorante ahí y se observa la descoloración de la materia vegetal. Según (Heredia, 2017) y su estudio de experiencias sorprendentes de química con indicadores de pH caseros, aplica el mismo método de extracción el cual se realiza mediante maceración directa y a temperaturas de 60 a 80°C.

Tabla 8. Concentración de la extracción del colorante.

Colorantes	Concentración (1g de materia vegetal/ 10 ml de solvente)
Flor de Hibisco-metanol	59,3%
Col-agua	67,2%
Rábano-agua	42,6 %
Cúrcuma-acetona	58,3%

Fuente: La Autora.
 Elaborado por: La Autora.



Figura 27. Extracción Flor de Hibisco-metanol
 Fuente: La Autora.
 Elaborado por: La Autora.

~~~~~

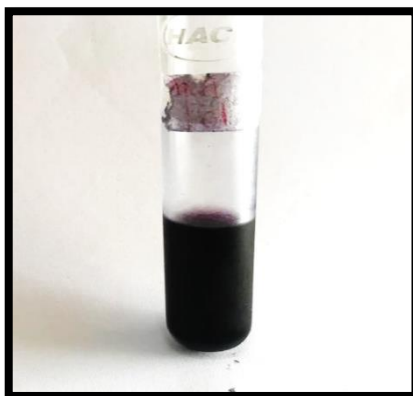


Figura 28. Extracción col-agua  
Fuente: La Autora.  
Elaborado por: La Autora.



Figura 29. Extracción rábano-agua  
Fuente: La Autora.  
Elaborado por: La Autora.

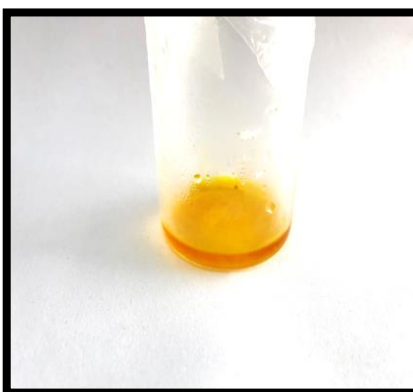


Figura 30. Extracción cúrcuma-acetona  
Fuente: La Autora.  
Elaborado por: La Autora.

Los colorantes que se van a utilizar son: col-agua, rosas-metanol, cúrcuma-acetona y rábano-agua; ya que presentaron mayor cambio de color a diferente pH y al observar se puede distinguir el nivel de pH en el que se encuentran las sustancias, debido a que la coloración que se torna es única en cada pH.

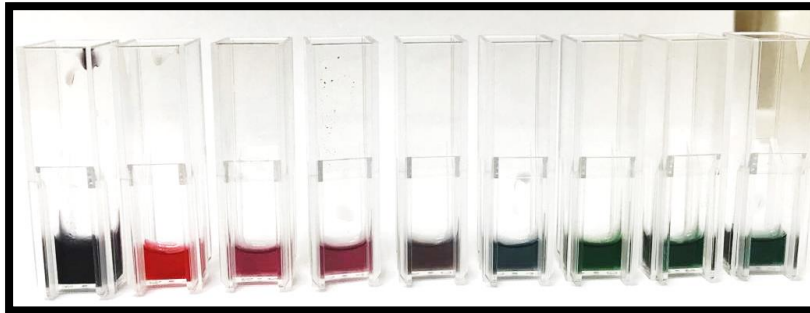


Figura 31. Respuesta al pH, col-agua.

Fuente: La Autora.

Elaborado por: La Autora.



Figura 32. Respuesta al pH, Flor de hibisco-metanol.

Fuente: La Autora.

Elaborado por: La Autora.

Á

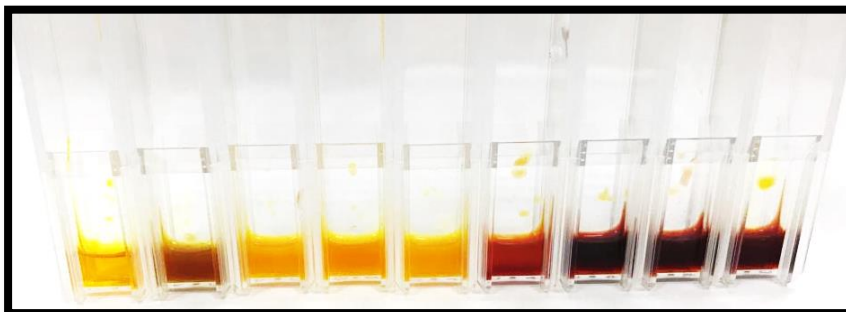


Figura 33. Respuesta al pH, cúrcuma-acetona.

Fuente: La Autora.

Elaborado por: La Autora.

Á



Figura 34. Respuesta al pH, rábano-agua.

Fuente: La Autora.

Elaborado por: La Autora.

Á

En los resultados obtenidos por (Heredia, 2017), se puede verificar que la col lombarda es un excelente indicador de pH ya que sus colores se tornaron de pH:  $< 2$  en rojo, de 4 a 8, entre rojo violeta y azul, y  $> 9$  de azul a verde; en la cúrcuma los resultados son: pH  $< 6$  amarillo, de 6 a 9 anaranjado y  $> 9$  rojo. Por lo tanto se infiere que los resultados de nuestro trabajo y los de la literatura tienen una relación positiva.

Xiahong Zhang, (2014) emplea el extracto de las flores rojas para preparar una película sensora de pH colorimétrica, cuyo color cambia de rojo a verde en un pH de 2 a 10, que al comparar con los resultados obtenidos en el presente trabajo se puede observar que tienen similitud en el cambio de color.

En el estudio realizado por (Ruiz, 2010) se observan resultados favorables con respecto a la respuesta que tienen la col lombarda con diferente nivel de pH con el que se ponen en contacto, esto se da por la presencia de antocianinas en la col lombarda.

No se puede comparar los resultados obtenidos de la cáscara de rábano con literatura ya que no ha sido posible encontrar investigaciones sobre el cambio de color que se da a un diferente nivel de pH, se han detallado investigaciones relacionadas a su estudio como la detección de metabolitos secundarios del tipo antocianina con propiedades cromóforo ácido-base, en el cual se utilizó el mismo método de extracción del colorante que nuestro trabajo, según, Ozaeta Siliezar, L. C. (2015).

Teniendo en cuenta los estudios realizados por los autores antes mencionados, corroboran los resultados obtenidos con respecto a esta investigación, ya que los resultados de los indicadores de pH, el método de extracción empleado son semejantes, habiendo un cambio en los disolventes utilizados, pero en todos los casos no existe un efecto negativo del mismo ya que son adecuados para la extracción de colorantes, mientras sean los más polares de la escala.

De esta investigación cuatro de los catorce pigmentos analizados pueden ser utilizados como sensores de pH, teniendo un cambio de color más diferenciable según el nivel de pH que se



encuentren, los cuales cumplen un rol importante y significativo ya que se los puede emplear como alternativa a los colorantes artificiales.

#### 3.1.4. Fabricación de la tira indicadora de pH.

Al terminar la selección de los colorantes más adecuados como sensores de pH, se realiza la fabricación de una tira reactiva para la cual se utilizó papel absorbente en la impregnación del colorante, esmalte acrílico para pegar y papel acetato como soporte; cada tirilla tiene como indicador cuatro pigmentos diferentes como son: col, flor de hibisco, rábano y finalmente la cúrcuma, que al momento de someterlos a un nivel de pH diferente cambia su color.

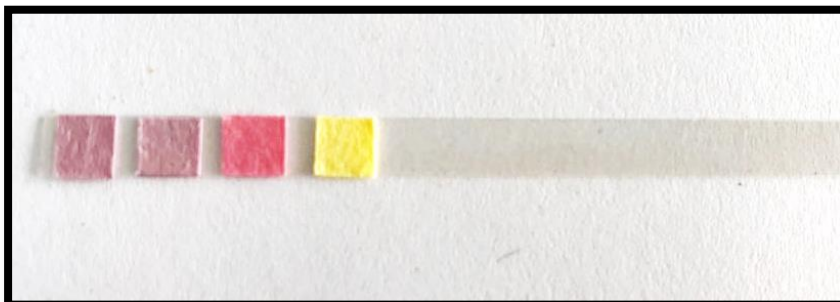


Figura 35. Estándar de las tiras indicadoras de pH.

Fuente: La Autora.

Elaborado por: La Autora.

Á

#### 3.1.5. Selección del pegamento y estabilidad del colorante en las tiras indicadoras.

El pegamento que se utiliza es el esmalte acrílico transparente, debido a que brindó un mejor resultado en comparación con los otros pegamentos que se probó, ya que no interfirió en el cambio de color de las tirillas reactivas al ser sometido a los diferentes pH, como se muestra en la Figura 36.

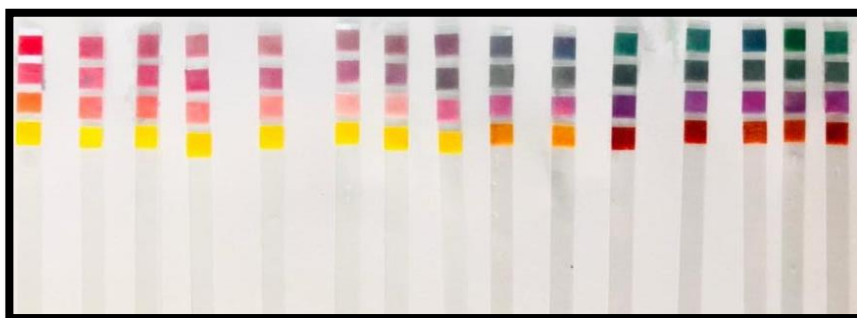


Figura 36. Tirillas indicadoras de pH.

Fuente: La Autora.

Elaborado por: La Autora.

La estabilidad del colorante en las tiras indicadoras se determina mediante el tiempo de almacenamiento de las mismas, en el cual el pigmento no tiene un cambio o degradación física ya que mantiene su coloración inicial aproximadamente durante tres meses; también su

composición química es la misma ya que se da el cambio de color al diferente pH que es sometido.

Las tiras indicadoras van dentro de una caja plástica para su almacenamiento, por lo tanto se realizó una etiqueta con los diferentes niveles de pH, que sirva como referencia al momento de utilizar las tirillas y poder compararlas para saber en qué nivel de acidez o basicidad se encuentra una sustancia.



Figura 37. Caja de almacenamiento.

Fuente: La Autora.

Elaborado por: La Autora.

Á



## CONCLUSIONES

Después de haber realizado el presente trabajo de titulación y alcanzado los resultados esperados, específicamente, en la forma de obtener indicadores de pH a partir de pigmentos naturales y la fabricación de una tirilla reactiva, se puede establecer las siguientes conclusiones:

- Se observó un mayor cambio de color a diferente pH con la cáscara de rábano, cúrcuma, flor de hibisco y col morada.
- Los solventes óptimos para la extracción de colorantes naturales son los más polares, por lo tanto, los mejores resultados se obtuvieron con: agua, metanol y acetona.
- La recuperación del pigmento es mayor si la maceración directa se la realiza a una temperatura cerca del punto de ebullición de cada disolvente y agitación.
- El tiempo de duración de las tiras reactivas es de dos meses aproximadamente, pasado ese tiempo la medición ya no es confiable debido a que se observó que los pigmentos se degradan.
- Los colorantes adquiridos a través de fuentes naturales pueden ser utilizados como sensores de pH, debido a que consiguen establecer con facilidad el carácter ácido, neutro o básico de diferentes sustancias, mediante los cambios de color que tienen estos indicadores.
- Las antocianinas son compuestos químicos que ofrecen color a las plantas, por ello, constituyen fuentes viables para la sustitución competitiva de colorantes artificiales en los diferentes ámbitos en los cuales se los emplea.
- El uso de colorantes orgánicos naturales reduce en gran parte el impacto ambiental en comparación a los artificiales, por su manejo al desecharlos y toxicidad.

## RECOMENDACIONES

- Buscar el método más adecuado para el almacenamiento de los colorantes con el fin de evitar su degradación.
- Realizar investigaciones sobre la estabilidad de los colorantes naturales y evitar que las moléculas presentes en los mismos pueden verse alteradas, ayudando así a una vida útil más duradera.
- Probar diferentes métodos empleados en la extracción de colorantes y los solventes a utilizar para poder aislar de mejor manera el compuesto de interés.
- Investigar sobre tipos de pegamentos que se puedan utilizar y que no tenga ninguna reacción al entrar en contacto con los pigmentos y las sustancias en las que se realizan la medición del pH.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arturo, J., & Lemus, R. (2014). Colorantes orgánicos de origen natural utilizados como sensibilizadores de celdas solares.
- Badui Dergal, S. (2006). Química de los alimentos (Cuarta Edición, p. 738). México. Retrieved from [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Libro-Badui2006\\_26571.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Libro-Badui2006_26571.pdf)
- Badui, S. (2006). Química de los alimentos (pp. 401 – 444).
- Canosa, M. (2009). Desarrollo de metodología analítica para determinación de Triclosán y Parabenos. Aplicación al estudio de su distribución y transformación en muestras ambientales. (U. S. de Compostela, Ed.).
- Cardenas, C. (2013). Jv Alor Agregado De Especies Vegetales De La Region; Extraccion De Colorantes Y Saborizantes, 1–50.
- Carlos, E. (2005). Estudio de la Extracción y Estabilidad del Colorante del Ataco (*Amaranthus Hybridus*) Con Potencial de Aplicación como Aditivo Alimentario. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. Retrieved from [https://books.google.com.ec/books?id=c4wzAQAAMAAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbg\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=c4wzAQAAMAAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbg_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Castillo, G. (2006). Extracción de colorantes de col morada (*brassica oleraceae*) para ser usada en elaboración de una bebida. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
- Daub, G. W., & Seese, W. S. (1996). Química (Pearson Ed, pp. 59–63).
- Elias, J. (1988). Obtención de colorante a partir de maíz morado.
- Fdez, G. (1995). COLORES Y COLORANTES DE AMÉRICA, 3, 145–160.
- G, E. (2014). Antocianina, los otros pigmentos del reino vegetal. 28 Enero, 1. Retrieved from [https://ubuscientia.blogspot.com/2014/01/antocianinas-los-otros-pigmentos-del.html?fbclid=IwAR2J4UPgL\\_t2cF5VaqQtFm3V1dAFJsO4L8NooQfO6LpxCg0qvTv-e4RTN4](https://ubuscientia.blogspot.com/2014/01/antocianinas-los-otros-pigmentos-del.html?fbclid=IwAR2J4UPgL_t2cF5VaqQtFm3V1dAFJsO4L8NooQfO6LpxCg0qvTv-e4RTN4)
- Galarza, C. (2013). “ Obtención de un colorante a partir de las flores de ataco o sangorache ( *Amaranthus sp.*)”. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.

- Garzón, G. A. (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión anthocyanins as natural colorants and bioactive compounds . a review. Universidad Nacional de Colombia.
- Guerrero, M. G. (1974). Manometría. In U. de Sevilla (Ed.) (hb, pp. 11–14).
- Heredia, S. (2017). Experiencias sorprendentes de química con indicadores de pH caseros. Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias, 3(1), 89–103. [https://doi.org/10.25267/rev\\_eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2006.v3.i1.07](https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2006.v3.i1.07)
- Lock, O. (1997). Colorantes Naturales. (Pontificia Universidad Católica del Perú, Ed.). octubre, 1997.
- Monjelat, N., Carretero, M., Implicada, P., La, E. N., Fairstein, G. A., Monjelat, N., ... Virtual, C. (2018). Estudio de la influencia de colorantes naturales sobre el color y las propiedades reológicas de una formulación alimenticia. Director, 15(2), 2017–2019. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2004.3.66178>
- Ozaeta Siliezar, L. C. (2015). Evaluación de un extracto vegetal para utilizarse como indicador ácido-base a partir del contenido de pigmentos antociánicos, presentes en la cáscara de rábano rojo (*raphanus sativus* var) a nivel laboratorio. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Paredes Martinez, B. I. (2002). Análisis y obtención de colorantes naturales a partir de la *baccharis latifolia* (chilca). UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE.
- Picado, A., & Álvarez, M. (2008). Química i (EUNED, p. 31).
- Pública, S. D. S. (2009). Código de alimentos (p. 868). Estados Unidos.
- Puebla, U. I., & Puebla, U. I. (n.d.). Extracción de pigmentos naturales por el método de liofilización para la elaboración de acuarelas no tóxicas, 3–5.
- Química, E. D. E. I. (2013). Extracción de colorantes orgánicos de Jamaica.
- Ruiz, E. (2001). El manejo del fuego en la prevención de incendios forestales (MUNDI-PREN, pp. 132–177). Retrieved from [https://books.google.com.ec/books?id=zJ9yYqVCT8gC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=true](https://books.google.com.ec/books?id=zJ9yYqVCT8gC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true)
- Ruiz, J. (2010). Obtención de un papel indicador.

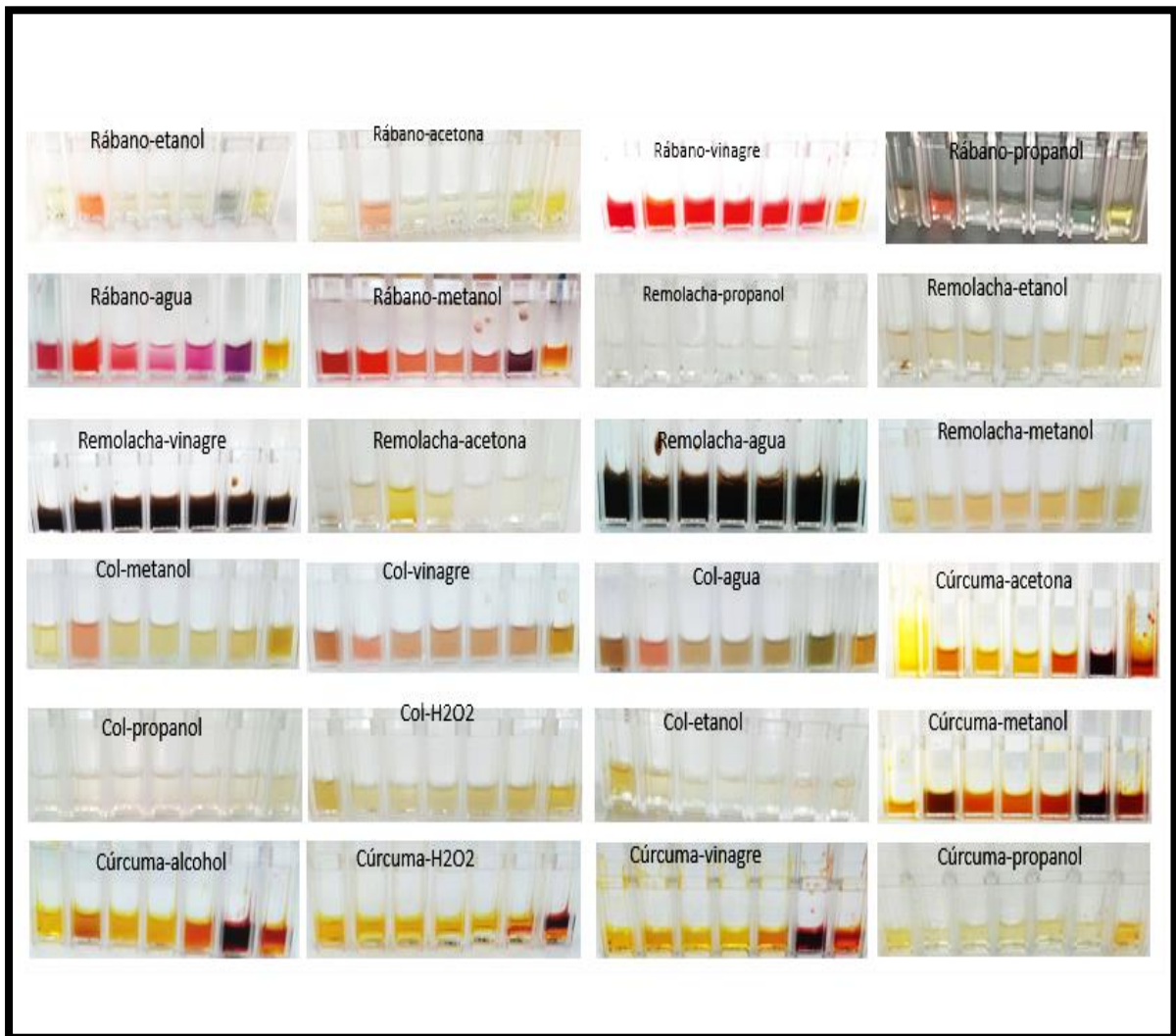
- Sánchez Juan, R. (2013). La química del color en los alimentos. 12 Diciembre, 14. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/863/86329278005.pdf>
- Santa Cruz, C. M. (2005). Extracción a nivel de laboratorio de aceite esencial crudo de pericón ( *Tagetes lucida Cav*), y utilización del desecho sólido para la extracción del colorante natural, para su uso en el teñido de fibras naturales. San Carlos de Guatemala. Retrieved from [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0931\\_Q.pdf?fbclid=IwAR1g2fDUvyjL2lkoR3GmLYXeqiGGCVdvYmchnaoYZoh\\_OnHOVGenKDKQm0U8](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0931_Q.pdf?fbclid=IwAR1g2fDUvyjL2lkoR3GmLYXeqiGGCVdvYmchnaoYZoh_OnHOVGenKDKQm0U8)
- Serrano, Antonio. Molina, R. (2015). Experimentos de física química en tiempos de crisis (UNIVERSIDA, p. 180). España.
- Teijon, J. M. (2006). La química en problemas (Tebar, p. 217).
- Xiahong Zhang, sisi Lu, X. C. (2014). A visual pH sensing film using natural dyes from *Bauhinia Blakeana* Dunn. Elsevier, 198, 268–273. Retrieved from [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925400514002548?fbclid=IwAR1Sn5ZQM\\_\\_DJkn5bTNNLzIR0xbaM2ydYRMK-FDcbOFnxP1VFcyKlbppzss](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925400514002548?fbclid=IwAR1Sn5ZQM__DJkn5bTNNLzIR0xbaM2ydYRMK-FDcbOFnxP1VFcyKlbppzss)
- Yi- Zhong Cai, Mei Sun, H. C. (2005). Characterization and application of betalain pigments from plants of the amaranthaceae. 9 September, 370–376. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092422440500155X?via=ihub>

## **ANEXOS**



## ANEXO 1

### PRUEBAS DE ALGUNAS MATERIAS VEGETALES EN DISTINTOS DISOLVENTES Y NIVELES DE pH.



Fuente: La Autora.

Elaborado por: La Autora.

Á

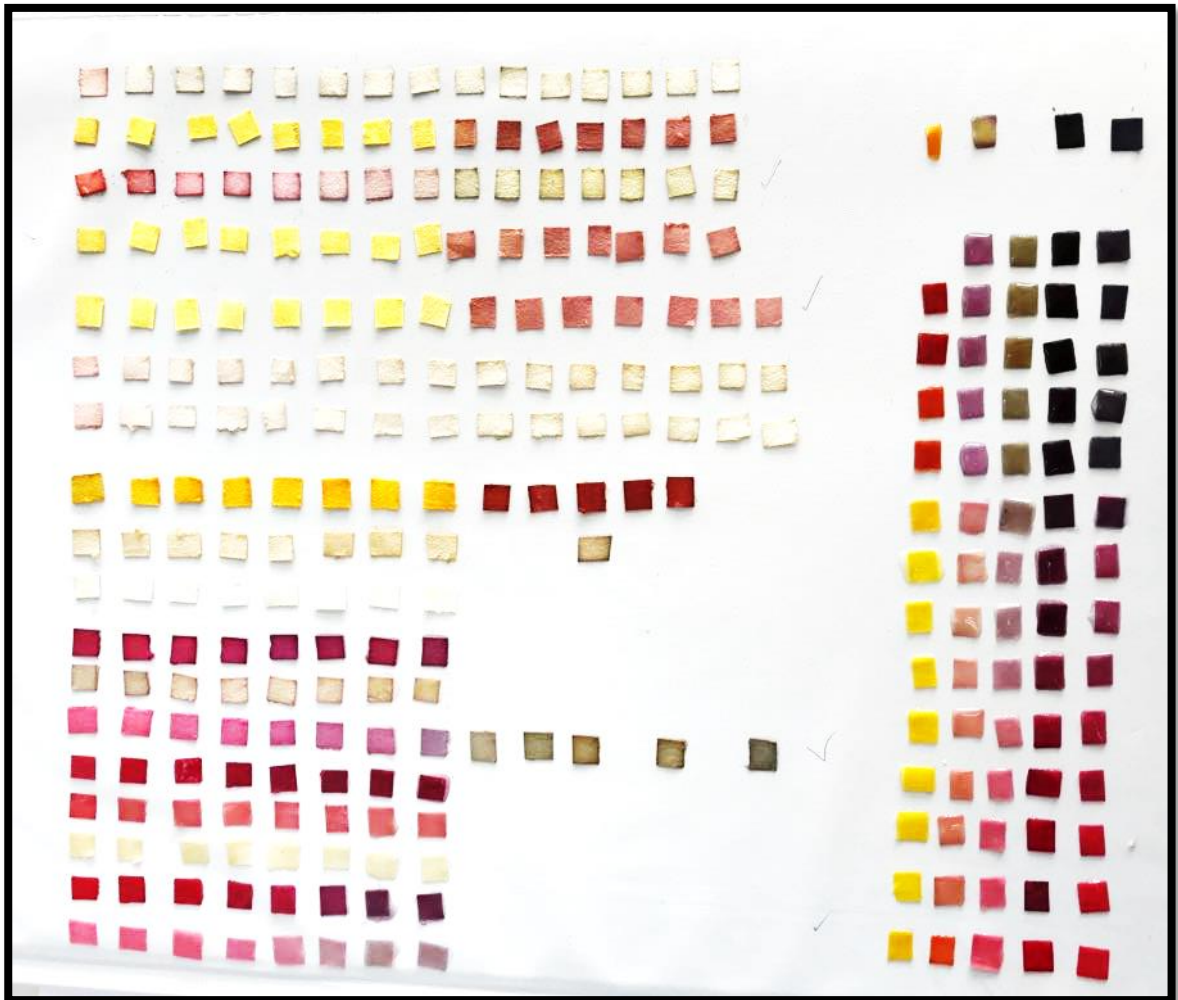
Á

Á

Á

## ANEXO 2

ENSAYOS DE LOS DIFERENTES COLORANTES IMPREGNADOS EN EL PAPEL ABSORBENTE Y SU CAMBIO DE COLOR SEGÚN EL CAMBIO DE pH.



Fuente: La Autora.

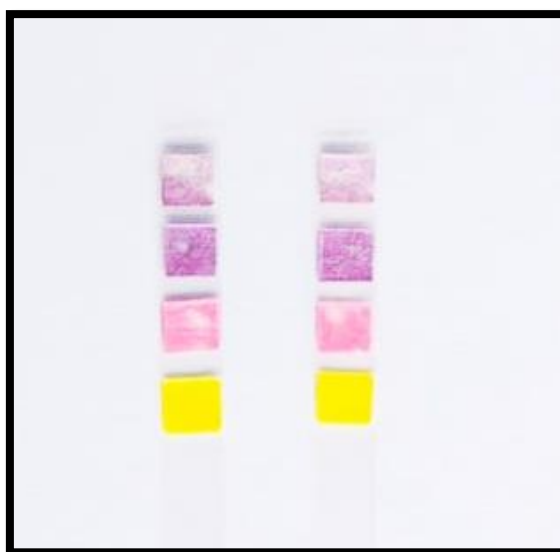
Elaborado por: La Autora.

### ANEXO 3

TIPOS DE PEGAMENTO QUE SE UTILIZARON Y LA REACCIÓN QUE PRESENTABA CON LA TIRA INDICADORA.



Fuente: La Autora.  
Elaborado por: La Autora



Fuente: La Autora.  
Elaborado por: La Autora