



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**DETERMINACION DE LA CINETICA QUIMICA EN LA  
EXTRACCION SOLIDO-LIQUIDO DEL COLORANTE DE LA  
FLOR CHIRI-CHIRI (*Grindelia boliviana Rusby*) PARA TEÑIDO DE  
LANA**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. MELANIA GUTIERREZ QUENTA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO QUÍMICO**

**PUNO – PERÚ**

**2022**



## DEDICATORIA

Al eterno Dios, por darme la vida y la dicha de ver su maravillosa creación y poder llenarme de experiencias que me hacen crecer como persona.

A mi familia y por sobre todo a mi madre Sabina, por haberme formado con mucho esfuerzo y ser el mejor ejemplo de madre y amiga que me pudo dar Dios.

A mis hermanos Edwin, Jose, Darwin y por sobre todo a mis hermanas Yessica, Patricia y Yaneth por nunca haberme dejado y siempre tuvieron una palabra de aliento en mis peores momentos.

Al amor de mi vida, mi pequeña Emily por enseñarme lo más hermoso de la vida, y hacer que mis días brillen con su hermosa sonrisa, por ser mi inspiración a superarme cada día más.

*Melania Gutierrez Quenta*



## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Nacional del Altiplano en especial a la Facultad de Ingeniería Química a toda la plana docente y al personal administrativo.

A mis jurados Dra. Edith Tello Palma, por sus sabios consejos y siempre estar dispuesta a disipar todas las dudas que tenía, al Mg. Higinio Alberto Zúñiga Sánchez, por apoyarme en todo momento, a la M.Sc. Janette Rosario Ramos Pineda, quien siempre estuvo dispuesta a apoyarme; a mi asesor M.Sc. Ciro Hernán Vera Alatrista, a todos ellos gracias por sus críticas y apreciaciones para lograr un excelente trabajo.

Al Dr. German Quille Calisaya, por brindarme su apoyo y absolver todas mis dudas desde el día uno hasta la conclusión de este trabajo.

*Melania Gutierrez Quenta*



# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ÍNDICE DE ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN</b> .....	11
<b>ABSTRACT</b> .....	12
<b>CAPITULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1. OBJETIVO GENERAL.</b> .....	15
<b>1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	15
<b>CAPITULO II</b>	
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	
<b>2.1. ANTECEDENTES</b> .....	16
<b>2.2. MARCO TEORICO</b> .....	21
2.2.1. Cinética Química:.....	21
2.2.2. El chiri chiri ( <i>grindelia boliviana rusby</i> ) .....	27
2.2.3. Colorantes.....	34
2.2.4. Métodos de extracción de los colorantes.....	38
2.2.5. Etanol.....	42
2.2.6. Análisis fisicoquímico del colorante .....	43
2.2.7. Espectrofotometría .....	44



2.2.8. Análisis y diseño de experimentos .....	52
2.2.9. Teñido de lana .....	55

### **CAPITULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

<b>3.1. EQUIPOS, REACTIVOS E INSUMOS.....</b>	<b>62</b>
<b>3.2. ZONA DE ESTUDIO.....</b>	<b>63</b>
<b>3.3. POBLACION Y MUESTRA.....</b>	<b>63</b>
<b>3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL DE EXTRACCIÓN DEL COLORANTE.....</b>	<b>64</b>
3.4.1. Selección y acondicionamiento de materia prima para la extracción del colorante.....	65
3.4.2. Proceso de extracción en el equipo soxhlet.....	65
3.4.3. Rota evaporador .....	66
3.4.4. Análisis espectrofotométrico.....	66
<b>3.5. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA .....</b>	<b>68</b>
<b>3.6. DISEÑO FACTORIAL DE EXPERIMENTOS (DETERMINACIÓN NÚMERO DE PRUEBAS).....</b>	<b>69</b>
<b>3.7. DETERMINACIÓN DE LA CINÉTICA .....</b>	<b>71</b>
<b>3.8. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL DE TEÑIDO .....</b>	<b>74</b>

### **CAPITULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

<b>4.1. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS FÍSICO QUÍMICAS.....</b>	<b>77</b>
<b>4.2. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA LECTURA DE ABSORBANCIA ...</b>	<b>80</b>
<b>4.3. RESULTADOS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL. ....</b>	<b>81</b>
<b>4.4. RESULTADOS DE LA CINÉTICA.....</b>	<b>85</b>



<b>4.5. RESULTADOS DE METODOLOGÍA DE TEÑIDO .....</b>	<b>89</b>
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>92</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>93</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>94</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>99</b>

**ÁREA :** Procesos Industriales

**LÍNEA:** Tecnología de Alimentos

**FECHA DE SUSTENTACION:** 09 de agosto del 2022



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Unidades de medida para la constante de velocidad .....	25
Tabla 2:	Longitud de onda de los colorantes vegetales.....	35
Tabla 3:	Colores de luz visible .....	47
Tabla 4:	Seis maneras de escribir los tratamientos del diseño $2^2$ .....	54
Tabla 5:	Tabla de signos del diseño factorial $2^3$ .....	55
Tabla 6:	Niveles máximos y mínimos.....	69
Tabla 7:	Matriz de diseño factorial $2^3=8$ . .....	70
Tabla 8:	Datos obtenidos en la lectura de la absorbancia a 666 nm.....	71
Tabla 9:	Datos obtenidos a partir de la ley de Lambert y Beer .....	72
Tabla 10:	Características organolépticas del colorante de Chiri Chiri (Grindelia boliviana Rusby). .....	77
Tabla 11:	Potencial de hidrogeno, densidad e índice de refracción. ....	77
Tabla 12:	Resultados de viscosidad.....	78
Tabla 13:	Datos obtenidos de la lectura de absorbancia.....	80
Tabla 14:	Análisis de Varianza para Absorbancia - Extracción de colorantes.....	81
Tabla 15:	Coefficientes de regresión para Absorbancia - Extracción de colorantes. ....	82
Tabla 16:	Valores óptimos.....	83
Tabla 17:	Cinética de orden cero con respecto al tiempo(min) versus Concentración (mol/L - 1).....	86
Tabla 18:	Cinética de orden uno con respecto al tiempo (min) versus $\ln CB$ .....	87
Tabla 19:	Cinética de orden dos con respecto al tiempo(min) vs $1/CB$ .....	88
Tabla 20:	Datos utilizados para teñido de fibra de ovino.....	90
Tabla 21:	Valores para determinar la intensidad-pH de teñido. ....	90



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Flor de Chiri Chiri ( <i>Grindelia boliviana</i> Rusby). .....	28
Figura 2:	Estructura química de un isopreno .....	32
Figura 3:	Estructura química Diterpeno (fitol de la clorofila) .....	33
Figura 4:	Estructura básica de los flavonoides y Estructura química de la quercetina .....	34
Figura 5:	Equipo de extracción soxhlet.....	40
Figura 6:	Tipos de espectrofotómetros.....	45
Figura 7:	Diagrama de nombres, frecuencias y longitudes de onda(en el vacío) de la radiación electromagnética. ....	48
Figura 8:	Diseño de un equipo experimental para medir absorción o transmitancia a una única longitud de onda.....	49
Figura 9:	Proceso de una muestra en absorción .....	49
Figura 10:	Diseño factorial y su representación geométrica.....	55
Figura 11:	Proceso del Teñido. ....	59
Figura 12:	Diagrama de bloques del proceso de extracción del colorante natural de la flor de Chiri Chiri ( <i>Grindelia boliviana</i> Rusby). ....	64
Figura 13:	Rangos de la longitud de onda.....	68
Figura 14:	Diagrama de bloques del proceso de teñido de lana con el colorante natural de la flor de Chiri Chiri ( <i>Grindelia boliviana</i> Rusby).....	76
Figura 15:	CP v/s Gradiente de Velocidad.....	79
Figura 16:	CP v/s Gradiente de Velocidad.....	79
Figura 17:	Diagrama de Pareto estandarizado. ....	83
Figura 18:	Efectos principales de variables de estudio. ....	84
Figura 19:	Superficie de respuesta. ....	85





Figura 20: Cinética de orden cero con respecto al tiempo (min) vs Concentración(mol/L – 1).....	86
Figura 21: Cinética de orden uno con respecto al tiempo (min) vs $\ln CB$ .....	87
Figura 22: Cinética de orden dos con respecto al tiempo (min) vs $1CB$ .....	88
Figura 23: Intensidad v/s pH.....	91



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

°C: Grados Celsius

h : Hora

IR : Infrarroja

Ln: Logaritmo Natural

Kg: Kilógramo

mL: Mililitro

mg: Milígramo

nm: Nanómetros

n: Índice de refracción

t: tiempo

T: Temperatura

pH: Potencial de hidrogeno

UV-VIS: Ultravioleta-visible

um: Micrómetros

ug: Microgramos

v: viscosidad



## RESUMEN

La presente investigación tiene como propósito determinar la cinética química en la extracción solido-liquido del colorante natural a partir de la flor chiri-chiri (*Grindelia boliviana Rusby*), así también obtener colorante natural y determinar las características fisicoquímicas, además de realizar pruebas de tinción con el colorante natural para teñido de lana; para obtener la cinética química se utilizó la ley de Lambert-Beer con el que determinamos la concentración y el método de integración, obteniendo la reacción de orden uno con una regresión lineal de  $R^2=0.9848$ , y una constante de velocidad  $k=0.0189 \text{ seg}^{-1}$ . Para la obtención del colorante se utilizó el equipo soxhlet con 150 ml y 200ml de solvente con 10g de muestra, de 2 a 4 horas de sifonadas, de las pruebas fisicoquímica del colorante se obtuvieron el potencial de hidrogeno que es de 5.30, densidad 0.83g/ml, índice de refracción con 21.00, una viscosidad que varía de 0.78 a 1.97. La fijación del color en las pruebas de teñido de la fibra de lana de ovino se realizó a diferente pH, utilizando como mordientes al hidróxido de sodio con 0.15ml (pH=2.65), cal con 0.5 g (pH=7.07) y ácido cítrico con 0.15 ml (pH=9.23); Para la fase de fijación se trabajó con una Temperatura de 40 °C/15 min, para la fase de agotamiento se fijó el teñido con una Temperatura de 60 °C/15 min aproximadamente, terminado el teñido se realizó dos enjuagues a (40°C/5min.). Llegando a la conclusión que la cinética química del colorante es de orden uno y para la prueba de tinción concluimos que en medio neutro presenta un amarillo más intenso y más resistente al sol.

**(Keywords):** cinética química, chiri-chiri, colorante, extracción, teñido de lana.



## ABSTRACT

The research purpose is to determine the chemical kinetics in the solid-liquid extraction of the natural dye from the chiri-chiri flower (*Grindelia boliviana Rusby*), as well as obtain natural colorant and determine the physicochemical characteristics, in addition to carrying out staining tests with the natural dye for wool dyeing; to obtain the chemical kinetics, the Lambert-Beer law was used with which we determined the concentration and the integration method, obtaining the order reaction one with a linear regression of  $R^2= 0.9848$ , and a rate constant  $k=0.0189 \text{ sec}^{-1}$ . To obtain the dye, the soxhlet equipment was used with 150 ml and 200 ml of solvent with 10 g of sample, from 2 to 4 siphonades hours, of the dye physicochemical tests, it was obtained the hydrogen potential, that is 5.30, density 0.83 g/ml, refractive index with 21.00, a viscosity that varies from 0.78 to 1.97. The color fixation in the sheep wool fiber dyeing tests was carried out at different pH, using sodium hydroxide as mordants with 0.15 ml (pH=2.65), lime with 0.5 g (pH=7.07) and citric acid with 0.15 ml (pH=9.23); For the fixation phase, we worked with a temperature of 40 °C/15 min, for the exhaustion phase, the dyeing was fixed with a temperature of 60 °C/15 min. approximately, Once the dyeing was finished, two rinses were carried out at (40 °C/5min.). Concluding that the dye chemical kinetics is of order one and for the dyeing test we conclude that in a neutral medium it presents a more intense yellow and more resistant to the sun.

**(Keywords):** Chemical kinetics, chiri-chiri, colorant, extraction, wool dyeing.



# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

La cinética química es el estudio de las velocidades de las reacciones químicas y de los mecanismos mediante los que dan lugar; la naturaleza de los reactivos o productos, concentración de las especies que reaccionan, el efecto de la temperatura y la naturaleza del medio de reacción. La cinética química introduce la variable tiempo en el estudio de las reacciones químicas y estudia el camino que siguen los reactivos para convertirse en productos. Así mismo determinar la velocidad de reacción que es la rapidez con que se modifica la concentración de un producto o un reactivo al transcurrir el tiempo. y mediante la ecuación de velocidad integrada da las concentraciones de reactivos y productos en función del tiempo obtenemos por el método de integración de la ley de velocidad; ya sean cinética de primer orden o cinética de segundo orden.

Una de las finalidades del estudio de la cinética química es sencillamente obtener valores de *carácter práctico*. Mediante paciente y bien planteada experimentación podemos deducir empíricamente los efectos de diversas variables significativas (ejemplo: concentración de los reactivos, de los productos de reacción y catalizadores, temperatura, fuerza iónica, naturaleza del disolvente, presión, desarrollo superficial, velocidad de flujo, etc.) de la velocidad de una reacción dada. Este aspecto de la cinética química es de la máxima significación para el ingeniero químico y constituye el fundamento del diseño de un reactor específico. (Harris, 1973)

La flor de Chiri Chiri (*Grindelia boliviana Rusby*), pertenece al género *Grindelia* el cual abarca unas 70 especies americanas, de las cuales 45 se encuentran en América del norte y las otras 25 especies se pueden encontrar en la porción Austral de América del Sur. La flora peruana alberga innumerables especies vegetales con propiedades curativas,



resalta entre estas la especie *Grindelia boliviana rusby* (Chiri chiri), planta herbácea, silvestre altoandina que crece como mala hierba y de la cual se conocen varios nombres comunes entre los que destacan: Chiri, Kiri, Papaya papaya, Carahua (de origen aymara), flor de chiri y árnica puneña, es autóctona del sur y los Andes del Perú, a la que se le atribuye propiedades antiinflamatorias, antirreumáticas, antitusivas, antiasmáticas, entre otras. Frecuentemente es empleada en parches de hojas para el tratamiento de artritis y para calmar las dolencias musculares, y asociados a golpes, también se usa de manera tópica en afecciones a los huesos, contusiones, dislocaduras, luxaciones, torceduras, fracturas, desgarro de tendones y músculo, dolores reumáticos y alergias a la piel; existen algunas referencias de uso en hemorragias internas, inflamación del hígado, afecciones de las vías respiratorias, vías urinarias, asma y tratamiento de tuberculosis. (Prado & Huanca, 2019).

Las flores, de color amarillo anaranjado y son semejantes al de la Margarita crecen en la extremidad de los tallos. Las flores de la *Grindelia boliviana rusby* tienen propiedades balsámicas, antiinflamatorias, tónico estomacal y tónico cardíaco. La forma más frecuente de uso es como infusión. Para el uso de manera externa, se suministra de manera de cataplasma de flores machacadas ya que tiene propiedades calmantes y antiinflamatorias en casos de irritación de piel. Se sabe que la Composición química de esta planta tiene compuestos fenólicos, flavonoides y en moderada cantidad azúcares reductores, no presentan alcaloides, taninos, saponinas, quinonas y lactonas. A la presencia de flavonoides y compuestos fenólicos se le atribuye la actividad anti micobacteriana, flavonoides, aminoácidos, cardenólidos y alcaloides. (Prado & Huanca, 2019)



### **1.1. OBJETIVO GENERAL.**

Determinar la cinética química en la extracción solido-liquido del colorante de la flor chiri-chiri (*Grindelia boliviana Rusby*) para teñido de lana.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Obtener la cinética química en la extracción solido-liquido del colorante de la flor chiri-chiri (*Grindelia boliviana Rusby*).
- Obtener colorante natural a partir de la flor chiri-chiri (*Grindelia boliviana Rusby*) y determinar las características fisicoquímicas.
- Realizar pruebas de tinción con el colorante de la extracción solido-liquido de la flor chiri-chiri (*Grindelia boliviana Rusby*)



## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES

Umaña, (2016), evaluó la aplicación de asistencia acústica como tecnología para favorecer la extracción de pectinas de subproductos de naranja (var. Navelina), utilizando un ácido orgánico (ácido cítrico) como disolvente, potenciando así su posible uso alimentario. Se evaluó el efecto de la asistencia acústica, se utilizaron dos potencias de ultrasonidos (US) ( $US1=542\pm4$  y  $US2=794\pm4$  W L-1), usando como control el tratamiento sin asistencia acústica con agitación a 82 rpm. Como medio de extracción se utilizó ácido cítrico a dos pH (1.5 y 2.0); y se obtuvieron las cinéticas a diferentes tiempos de extracción (0, 3, 6, 10, 20, 30, 40, 50 y 60 min); todas las experiencias se realizaron a temperatura controlada de  $25\pm2^{\circ}\text{C}$ ; las cinéticas se modelizaron mediante el modelo empírico de Weibull. Se caracterizaron los extractos obtenidos mediante la determinación de color, microestructura, composición en monosacárido y polisacáridos y grado de metilesterificación (GME).

Galarza, (2013), concluyó que el solvente óptimo para la extracción del colorante es el agua. El metanol por sí solo no permitió la extracción del colorante, la sustancia extraída era de color verde claro, identificada como clorofila, el solvente metanol resulta difícil y peligroso de manejar. También se utilizaron los dos disolventes mezclados, haciendo diluciones al 50% (agua: metanol), además una al 80% (agua: metanol), pero la concentración del colorante no fue óptima en ninguno de los dos casos. Las tres pruebas químicas empleadas demostraron que el colorante obtenido es una betalaína, específicamente una betacianina. Para el estudio espectrofotométrico se empleó el buffer McIlvaine a pH 5.6, (Cai, 1998) para que la configuración de las muestras sea estable y la lectura sea correcta. Las absorbancias se midieron desde 530 nm hasta 540 nm pues el rango de absorción de estas sustancias; la





máxima absorbancia se produjo a 537 nm. Las temperaturas fueron ambiental de aproximadamente de 20 a 22 °C y de refrigeración, 4°C y los valores de pH evaluados fueron 4, 5 y 6.

Marin & Mejia, (2012), evaluó las condiciones en la Extracción de Colorante a partir de la flor de Jamaica. La variable en dichos experimentos fue el tratamiento de la solución extractora, con ácido cítrico y sin acidificación: Solución alcohólica acidificada (Etanol al 96% – 0.03 % P/V de ácido cítrico). Solución alcohólica sin acidificar (Etanol al 96%). Como característica fisicoquímica se evaluó el porcentaje de humedad de la Flor de Jamaica utilizada en el proceso de extracción, los porcentajes de humedad óptimos para el proceso se encuentran en un rango de 11% y 15%, siendo el promedio de las muestras 13.51%. Resultados mayores o menores a estos inciden en el rendimiento de la extracción.

Ojeda, (2012), obtuvo buenos resultados, donde el mayor porcentaje de agotamiento fue al utilizar 50 % de colorante y 10 % de mordiente en relación al peso en seco de fibra a teñir, por un periodo de teñido de 60 minutos a 70 °C en una relación de baño 1/50. Para el Teñido de fibra de abacá (*Musa textilis*) utilizando colorante extraído de la cochinilla (*Dactylopius coccus*);

Trujillo & Lopez, (2010), utilizó el equipo de extracción de reflujo con hidróxido de sodio al 5 % como solvente. Para las pruebas fitoquímicas realizó una extracción alcohólica a 90 °C por método de reflujo, realizando pruebas como: shinoda, NaOH 1N. NaOH 1N/HCl. Luego se sometieron las fibras de algodón a tinción, utilizando mordientes, para la obtención de colorantes naturales a partir de cáscara *allium cepa* (cebolla blanca y morada) y raíz de *beta vulgaris* (remolacha) para su aplicación en la industria textil.

Vargas, (2019), realizó un Estudio farmacobotánico, histoquímica y Evaluación



Genotóxica de *Grindelia* sp. “Chiri Chiri” Asteraceae del Valle del Cusco, utilizando métodos habituales de microscopía óptica y anatomía descriptiva y cuantitativa. Con dichos datos se realizó la comparación fenética con relación a otras especies del género *Grindelia*. Para el estudio de la morfología externa y la morfometría se describen los parámetros (tamaño, número, disposición de hojas, flores, inflorescencias, etc) utilizando como instrumento de medida el vernier y un estereoscopio.

Moreno & Silva, (2018), en el que concluyó que el orden de extracción de la cinética de extracción de antocianinas de la coronta del maíz morado en condiciones óptimas resultó  $k = -0.0511031 \left(\frac{g}{ml}\right)^{-0.0376} s^{-1}$ , y una constante  $b = 4.285 \times 10^{-7} g/ml.s$ . Existe una relación inversa con el espesor de coronta de maíz morado y el espesor más óptimo resultó el de 1 cm para pruebas experimentales. Existe una relación directa con la temperatura de extracción y la más óptima para pruebas experimentales resultó a 60°C. Existe una relación inversa con el peso de coronta/ volumen de agua donde el peso más óptimo para pruebas experimentales resultó de 5 gr.

Terrones (2018). Estudio la extracción de flavonoides de la envoltura externa de la cebolla roja (*Allium cepa* L.) en un equipo de extracción Soxhlet con mezcla de solventes Etanol : Agua (80%, 20%). La muestra experimental estuvo conformada por diez gramos de harina de la cáscara de la cebolla con un porcentaje de humedad de 5 y un tamaño de partícula de número de malla 60 (Tamiz USP), hizo un análisis en laboratorio con protocolo de espectrofotometría obteniendo un contenido de 150.9 mg/g de flavonoides totales expresados en quercetina. Se realizaron tres corridas experimentales para la extracción de flavonoides obteniendo 127.54 mg/g de flavonoides totales expresados en quercetina, en el extracto de mayor concentración. Las condiciones que favorecieron una mayor concentración en la extracción fueron: Una temperatura de operación de 90°C, con una mezcla de 80% de Etanol y 20% de Agua, a un tiempo de



extracción de 110 minutos.

Palomino, (2007), en el que determino que la constante cinética de la alpaca fue 13% menor que en la lana y la constante de difusión promedio de la alpaca fue 49% menor que la lana, indicando que se necesita un tiempo de tintura mayor en alpaca que en la lana de aproximadamente 20 minutos. Estos resultados reflejan que la alpaca tiene una mayor proporción de puentes de cistina que la lana. Además, se encontró que la alpaca presenta un tiempo de retraso 7 minutos menor que la lana y una constante promedio de difusión 10% mayor en las etapas tempranas de tintura. Asimismo, se evaluaron las solideces al lavado, al frote y a la luz. Tanto la alpaca como la lana presentan excelentes solideces a la luz (E.A. 8), buenas solideces al frote (E.G.C. 4-5) y buenas solideces al lavado en la evaluación de migración (E.G.M. 4-5). La prueba de solidez al lavado en la evaluación de cambio de color y solidez al frote en seco dieron mejores resultados en lana (E.G.C. 1 4 y E.G.C.2 4.5) que en alpaca (E.G.C. 1 3.5 y E.G.C.2 4).

Nina & Chara, (2019). Obtuvo la concentración del solvente, tiempo y temperatura donde el solvente que se utilizo es el alcohol al 75% y su tiempo de extracción de colorante optimo es de un promedio de 2 horas. Los parámetros de teñido que se han podido encontrar durante el trabajo la investigación para su buena adherencia hacia la fibra de alpaca, así como resistencia a la luz y su solidez al lavado es de temperatura agotamiento es 84 °C y tiempo de teñido de 60 min a un pH óptimo de 4.5.

Laura (2018). Extrajo colorante en el equipo soxhlet donde pudo extraer metabolitos presentes en las plantas como el flavonoide La cantidad obtenida de flavonoides totales expresado como quercetina fue determinada mediante el método de espectrofotómetro. La fijación del color en las pruebas de teñido a diferentes pH muestra resultados de dos colores como en medio ácido amarillo que es resistente a la luz solar y me medio básico anaranjado que es poco resistente a la luz solar, lo cual indica que el



flavonoide si se fija en las fibras de ovino por los grupos cromóforos y auxócromos presente en su estructura.

Limachi (2009). Según su estudio llegó a la conclusión que el etanol es el más eficiente para la extracción del colorante que fue de 96.11% en un tiempo de 2 horas y media en el equipo soxhlet a diferentes temperaturas y concentración con un solvente (etanol) 96% y agua, en el que realizó pruebas para ver la eficiencia del solvente para la obtención de colorante natural a partir de amor seco (*Bidens Pilosa L.*) para su aplicación en la industria textil.

Málaga & Gomes (2011). Realizaron la extracción del colorante de 6 especies vegetales; llegando a los siguientes resultados con etanol al 45%: (Queñua: 43.1977 g; Colli: 43.8837 g; Qariwa: 42.8258 g; Ayrampo: 42.5120 g; Maíz morado: 44.3037 g y Chilca: 43.7496 g); de igual manera con el solvente etanol al 70 %: (Queñua: 43.4481 g; Colli: 44.1805 g; Qariwa: 43.1155 g; Ayrampo: 42.7995 g; Maíz morado: 44.6033 g y Chilca: 44.0455 g). El teñido de fibra de alpaca utilizó 50 g de madeja de fibra de alpaca, 21 L volumen de baño, pH de 3.5 a 4.5 y como mordiente utilizó el sulfato de aluminio 20 % del peso de la fibra, crémor tártaro 10 % del peso de la fibra, temperatura de teñido a 82 °C y tiempo de teñido 60 min. En el teñido de fibras llegó a los siguientes resultados: La queñua es el colorante natural que mejores resultados les dio en pruebas de solidez al lavado y solidez a la luz, siendo un colorante natural con un potencial a explotar.

Tacuri, (2008), mostro resultado de la estabilidad de la fijación de los colorantes natural y químico al realizar las pruebas de solidez: solidez al frote en húmedo, solidez al frote en seco, solidez al lavado, solidez al sudor, y finalmente solidez a la luz mediante pruebas de laboratorio. Determinó la estabilidad de fijación en el teñido tomó factores como: la acidez (pH), temperatura (°C) y tiempo; determinó que las temperaturas óptimas son de 74 °C y 103 °C; y pH óptimo es de 6-9 para mayor estabilidad de fijación del



colorante en el proceso de teñido, y con colorantes naturales queñua (polylepisincana H. B. K.), y colorantes químicos Lanaset Brow B.

## 2.2. MARCO TEORICO

### 2.2.1. Cinética Química:

#### Introducción:

Bajo condiciones apropiadas unas sustancias pueden transformarse en otras que constituyen diferentes especies químicas. Si ocurre esto solamente por reordenación o redistribución de los átomos para formar nuevas moléculas, decimos que se ha efectuado una reacción química; en química se estudian estas reacciones considerando su modo y mecanismo, los cambios físicos y energéticos que tienen lugar, y la velocidad con que se forman los productos.

La cinética química trata principalmente del estudio de la velocidad, considerando todos los factores que influyen sobre ella y explicando la causa de la magnitud de esa velocidad de reacción. El Ingeniero Químico ha de conocer la cinética de la reacción para hacer un diseño satisfactorio del aparato en el que ésta ha de efectuarse a escala técnica. Si la reacción es suficientemente rápida para que el sistema esté prácticamente en equilibrio, el diseño es muy sencillo ya que no es necesaria la información cinética y resulta suficiente la información termodinámica. (Harris, 1973)

#### Cinética química

Según Smith (1991). La cinética química es el estudio de la velocidad y del mecanismo por medio de los cuales una especie química se transforma en otra.

**La velocidad es la masa, en moles, de un producto formado o de un reactante consumido por unidad de tiempo.** El mecanismo es la secuencia de eventos



químicos individuales cuyo resultado global produce la reacción observada. Basolo y Pearson han descrito el término “mecanismo” en la forma siguiente:

La palabra mecanismo indica todos los procesos individuales colisionales o elementales en los que intervienen moléculas (o átomos radicales o iones) que se verifican simultánea o consecutivamente, produciendo la velocidad total observada. Se entiende también que el mecanismo de una reacción debe proporcionar una idea estereoquímica detallada de cada etapa a medida que se verifica. En la mayor parte de los casos, el mecanismo postulado es una teoría ideada para explicar los resultados finales observados en los experimentos. (Pearson, 1958)

Y según Vericad (1973). Puede definirse como el estudio de todos los aspectos de la velocidad con que un sistema químico se acerca a una condición de equilibrio.

Para entender los diferentes pasos o procesos elementales (*i.e.* cómo ocurren las reacciones a nivel atómico- molecular) a través de los cuales los reactivos se convierten en productos debemos estudiar los mecanismos de reacción.

En la Ingeniería de las reacciones químicas probablemente el esquema más útil es el que resulta de dividir las, de acuerdo con el número y tipo de fases implicadas, en dos grandes grupos: *sistemas homogéneos y heterogéneos*. Una reacción es homogénea si se efectúa solamente en una fase, y es heterogénea si, al menos, se requiere la presencia de dos fases para que transcurra a la velocidad que lo hace. Es indiferente que la reacción heterogénea tenga lugar en una, dos, o más fases, o en la interface, o si los reactantes y los productos están distribuidos entre las fases o están todos contenidos en una sola fase; lo único que interesa es



que se necesitan, al menos, dos fases para que la reacción transcurra del modo que lo hace. (Octave, 1986)

### **Cinética de las reacciones químicas**

Una reacción química tiene dos características de importancia:

1. La posición de equilibrio (estabilidad de la concentración de productos y reactivos)
2. la velocidad de reacción (las reacciones tienen por objeto determinar el mecanismo y la velocidad con que interaccionan las moléculas bajo determinadas condiciones).

La velocidad de una reacción química puede medirse como la velocidad de formación de uno o más de sus productos o bien la velocidad de utilización de sus reactivos.

Podemos suponer que al aumentar la concentración de los reactivos la probabilidad de interacción de los mismos aumenta conjuntamente con la velocidad que procede tal reacción.

Ambas variables (velocidad de reacción y concentración de los reactivos) son directamente proporcionales, así que matemáticamente debe existir un valor constante.

#### **Velocidad de reacción**

Es el número de moles por unidad de volumen de una sustancia que reaccionan en una unidad de tiempo, o sea, el cambio de concentración con el tiempo.

$$r_i = - \frac{dc_i}{dt}$$

Según (Harris, 1973) Lo que observamos experimentalmente al determinar la velocidad de una reacción es la variación de la concentración  $C_i$ , de uno o más



de los reactivos o de los productos de reacción en función del tiempo  $t$ . en el caso de la velocidad puede ser definida de diversas maneras, que dependen de la  $C_i$  que sea observada.

Y según (Vericad, 1973).se puede expresar como una expresión matemática que relaciona el cambio en concentración de un reactivo o producto por unidad de tiempo y que se determina experimentalmente. Siempre tiene un valor positivo y es proporcional a la concentración.

### **Rapidez de descomposición**

Es la disminución de la concentración de una especie reactiva en el tiempo, este decrecimiento se indica por el signo negativo en la ecuación que se manifiesta como una pendiente negativa en la gráfica de Concentración vs tiempo.

### **Rapidez de formación:**

Se refiere al aumento de concentración de una especie producida en la reacción en cuyo caso no llevará el signo negativo y la gráfica de  $^{\circ}\text{C}$  vs  $t$  mostrará pendiente positiva. Relación entre las rapideces de descomposición y formación de los diferentes componentes de la mezcla de reacción.

### **Constante de rapidez.**

Representa la proporcionalidad entre la rapidez y las variables que la afectan, fundamentalmente la concentración. (Harris, 1973)

$$r_i = f(C_x^{\alpha} C_y^{\beta}) \quad r_i = k(C_x^{\alpha} C_y^{\beta})$$

La rapidez sólo tiene sentido instantáneamente, pues cambia con concentración y tiempo, en cambio  $k$  es independiente de concentración y tiempo característica de cada sistema en condiciones dadas.

La  $k$  se determina experimentalmente, sus unidades dependen del orden.





Tabla 1: Unidades de medida para la constante de velocidad

Orden de reacción	Ley de velocidad	Unidades de v	Unidades de k
0	$v=k$	$M/seg$	$M/seg$
1	$v=k(A)$	$M/seg$	$l/seg$
2	$v=k[A]^2$	$M/seg$	$l/M.seg$
3	$v=k[A][B]^2$	$M/seg$	$l/M^2.seg$

FUENTE: (Sienko & Plane, 1993)

### 2.2.1.1. Determinación de la cinética del colorante de la flor de chiri chiri (*Grindelia boliviana Rusby*).

La ecuación de la velocidad de reacción se determina mediante: (Harris, 1973)

$$-r_A = k \cdot C_A^n$$

Donde:  $-r_A = \frac{dC_A}{dt}$

$n =$  orden de reacción

$k =$  constante de velocidad de reacción

#### METODO DE INTEGRACIÓN

##### Cinética química de orden cero

El orden cero que significa la velocidad es independiente de la concentración, puede presentarse en dos situaciones: cuando la velocidad es intrínsecamente independiente de la concentración y cuando la especie es de tal manera abundante que su concentración es prácticamente constante durante la reacción. En este último caso, es imposible detectar la dependencia de la velocidad con respecto a la concentración, y prevalece un orden cero aparente.



$$-\frac{dC_A}{dt} = k_0$$

Integrando desde una condición inicial  $C_A = C_{A0}$  se obtiene

$$C_A - C_{A0} = -k_0 t$$

Este resultado muestra que la característica distintiva de una reacción de orden cero consiste en que la concentración del reactante disminuye linealmente con el tiempo.

### **Cinética química de Primer orden.**

Para una velocidad de primer orden es:

$$-\frac{dC_A}{dt} = k_1 C_A$$

Si la condición inicial es  $C_A = C_{A0}$ , la integración nos da:

$$-\ln \frac{C_A}{(C_A)_0} = k_1 t$$

Este resultado muestra que la relación lineal entre  $-\ln \frac{C_A}{(C_A)_0}$ , y  $t$  sugiere una reacción de primer orden.

### **Cinética química de Segundo orden.**

Para una velocidad de segundo orden es:

$$n=2 \quad \frac{1}{C_{Af}} - \frac{1}{C_{A0}} = k \cdot t$$

Existen dos tipos de reacciones de segundo orden:

Tipo I.  $A + A \rightarrow P$

$$-\frac{dC_A}{dt} = k_1 C_A^2$$

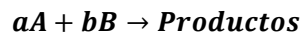
Tipo II.  $A + B \rightarrow P$

$$-\frac{dC_A}{dt} = k_1 C_A C_B$$

**Para el tipo I**, la integración de la ecuación nos da:

$$\frac{1}{C_A} - \frac{1}{(C_A)_0} = k_2 t$$

**Al considerar el Tipo II**, examinaremos primero el caso en que el orden y la estequiometría no concuerdan. Es decir, la velocidad es de segundo orden, pero reaccionan a moles de A y b moles de B (a y b ≠ 1) de acuerdo a la ecuación: (Harris, 1973)



Supóngase que al tiempo cero, el número de moles de A y de B son ( $n_A$ ) y ( $n_B$ ), el número de moles en cualquier momento está dado por

$$n_A = (n_A)_0 - a\varepsilon$$

$$n_B = (n_B)_0 - b\varepsilon$$

### 2.2.2. El chiri chiri (*Grindelia boliviana rusby*)

El Perú presenta una biodiversidad en plantas medicinales nativas, siendo utilizadas en forma empírica por sus bondades terapéuticas en el cuidado de la salud, la región andina del Perú posee una variada flora destacándose la especie conocida como “Chiri chiri” (*Grindelia boliviana rusby*), se desarrolla sobre los 3800 msnm. (Mantilla, 1991)

**Descripción:** Arbusto perenne de aproximadamente un metro de altura. El tallo puede tener la base algo lignificada, pero lo más frecuente es que tenga consistencia herbácea. Las hojas son sésiles, de forma triangular, terminadas en punta, de borde dentado y consistencia coriácea. Las flores, de color amarillo anaranjado y aspecto semejante al de la Margarita crecen en la extremidad de los tallos. Las flores de la *Grindelia boliviana rusby* tienen propiedades balsámicas, antiinflamatorias, tónico estomacal y tónico cardíaco. También se conocen varios nombres comunes:

Chiri chiri, Ch'iri ch'iri, Chchiri chchiri, Kiri kiri, Carahua (de origen aymara), flor de chiri y amica puneña. (Solis, L., 1997)



Figura 1: Flor de Chiri Chiri (*Grindelia boliviana* Rusby).

FUENTE: (Santivañez & Cabrera, 2013)

### **Clasificación taxonómica del Chiri Chiri (*Grindelia boliviana* Rusby)**

Según Mantilla, (1991), es la siguiente:

- Reyno: Plantae
- División: Fanerogamas
- Familia: Asteraceae
- Género: Grindelia
- Nombre científico: *Grindelia boliviana*
- Nombre común: “chiri-chiri”
- En idioma C’olla Aymará: “chiri-chiri”
- En idioma Quechua: “chili-chili”

### **Descripción Botánica del Chiri Chiri (*Grindelia boliviana* Rusby).**

Es una planta de 50 cm de alto, con hojas que presentan una sustancia mucilaginosa que le da un olor característico. El tallo tiene la base algo lignificada. La inflorescencia es de 4 cm de diámetro, las hojas son sésiles, alternas y ovaladas;



las de abajo son espatuladas y las de arriba son lanceoladas oblongadas, de forma triangular, de borde dentado y de color verde claro. Las flores son tubulares de color amarillo fuerte, radiadas, grandes, solitarias y terminales aspecto semejante al de la Margarita. Crece en laderas secas y pedregosas a altitudes entre 3000 a 4100 msnm, florece entre los meses de enero a mayo (Mantilla, 1991).

### **Distribución**

*Grindelia glutinosa* (Cav.) Mart. según Dunal, Brako y Zarucchi está distribuida en los departamentos de Arequipa, Moquegua y Tacna. Además, está presente entre 0- 3500 m de altitud. (Nina & Chara, 2019)

### **Uso tradicional del Chiri Chiri (*Grindelia boliviana* Rusby).**

Es utilizada por la población como remedio a sus dolencias ya que conoce sus efectos gracias a sus prácticas cotidianas de uso de esta planta para tratar reumatismo, dolores musculares y fracturas. Es expectorante y antiinflamatoria; es eficaz para las vías respiratorias, bronquitis, asma, pulmonía, bronconeumonía, laringitis y faringitis. (Nina & Chara, 2019)

### **Compuestos Químicos del Chiri Chiri (*Grindelia boliviana* Rusby).**

**Compuestos fenólicos** El término compuestos fenólicos engloba a todas aquellas sustancias que poseen varias funciones fenol, nombre popular del hidroxibenceno, unido a estructuras aromáticas o alifáticas. Solo algunos de los compuestos fenólicos de la familia de los ácidos fenoles no son polifenoles, sino monofenoles. Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios ampliamente distribuidos en el reino vegetal. Se localizan en todas las partes de las plantas y su concentración es variable a lo largo del ciclo vegetativo. Estos compuestos son responsables de varias funciones, tales como la asimilación de nutrientes, la síntesis proteica, la actividad enzimática, la fotosíntesis, la



elaboración de componentes estructurales, la alelopatía y de defensa ante los factores adversos del ambiente.

Los polifenoles compuestos presentes en la naturaleza que poseen anillos aromáticos con sustituyentes hidroxilos. Estos compuestos son en su mayoría poderosos antioxidantes por su estructura química (donador de H<sup>+</sup> o electrones) vitales para el funcionamiento de las células vegetales.

Según Muñoz et al. Los compuestos fenólicos son metabolitos necesarios para el crecimiento y reproducción de las plantas y actúan como agentes defensores frente a patógenos, siendo secretados como mecanismo de protección a condiciones de estrés, tales como infecciones, radiaciones ultravioletas (UV), entre otros. Juegan un rol vital en las plantas y regulan el metabolismo y síntesis de la lignina, por lo que las plantas presentan un gran número de componentes fenólicos (flavonoles, chalconas, flavonas, flavononas, isoflavonas, taninos, estilbenos, curcuminoides, ácidos fenólicos, coumarinas, lignanos, etc). Los compuestos fenólicos poseen una estructura ideal para eliminar radicales libres, estudios in vitro han revelado que los fenoles son antioxidantes más efectivos que tocoferol y el ácido ascórbico. Los compuestos fenólicos están asociados al color, las características sensoriales (sabor, astringencia, dureza), las características nutritivas y las propiedades antioxidantes de los alimentos de origen vegetal. Sus características antioxidantes se deben a la reactividad del grupo fenol. Existe una gran variedad de fenoles ácidos distribuidos en productos de origen vegetal con efectos beneficiosos a la salud. Ellos pueden disminuir el riesgo de enfermedades cardiovasculares y desarrollo de tumores y cáncer.

**A. Clasificación de los compuestos fenólicos:** La naturaleza de los compuestos fenólicos varía desde moléculas simples como los ácidos



fenólicos hasta los compuestos altamente polimerizados. Así los 21 compuestos fenólicos van desde moléculas simples como los ácidos benzoicos hasta polímeros complejos como los taninos condensados. Cada una de las familias agrupa un número de compuestos fenólicos más o menos diversos, siendo la familia de los flavonoides, con cerca de 4000 estructuras diferentes una de las más estudiadas. Los compuestos fenólicos pueden ser clasificados de diferentes formas. Harbone y Simmonds en 1964 los clasificaron según el número de carbono en sus moléculas.

**B. Taninos** Son un tipo de compuestos fenólicos poliméricos que tienen la capacidad de unirse a las proteínas para desnaturalizarla. El término tanino deriva de la antigua práctica de usar extractos de origen vegetal para convertir la piel animal en cuero. Se usa el tanino como reactivo químico, y en medicina como astringente y como contraveneno. Los taninos, son sustancias de alto peso molecular, complejos polímeros de ácidos fenólicos, algunos contienen además azúcares.

**C. Saponinas** Son heterósidos (azúcar + aglicón) que se caracteriza por su capacidad para producir espuma cuando se agita una solución acuosa que las contiene. La formación de espuma se debe a que las saponinas disminuyen la tensión superficial del agua (son por lo tanto tensioactivos naturales). Debido a esta propiedad, a las plantas que las contienen se les usa como jabón. Se clasifican como esteroidales o triterpénicos, dependiendo de la naturaleza de la aglicona. Las saponinas por hidrólisis ácida o enzimática dan origen a una sustancia libre de los azúcares, formando así la sapogenina.

**D. Alcaloide** Son el grupo más extenso de metabolitos secundarios, aunque se reporta, que algunos intervienen como reguladores del crecimiento, repelentes o atrayentes de insectos; aproximadamente el 80 % de las plantas no contienen alcaloides lo que hace suponer que no son vitales para las plantas. Por su acción farmacológica son conocidas como antiespasmódicas, estimulantes, analgésicas, sedantes, hipnóticas, eméticas, relajantes musculares, etc.

### **E. Diterpenos**

Los diterpenos son terpenos formados con cuatro unidades isoprenicas, procedentes del metabolismo del geranylgeranyl pirofosfato (GGPP), están en los vegetales. Algunos son universales, como las giberelinas, pero otros tienen una distribución restringida (Cotillo, 1990).

Es característico de las especies de *Grindelia* la presencia de ácidos diterpénicos los que son componentes de la fracción resinosa como ácidos grindélicos., la fracción resinosa por si sola hace 10-20% del peso seco, la tintura contiene 0.4-0.5% de resina.

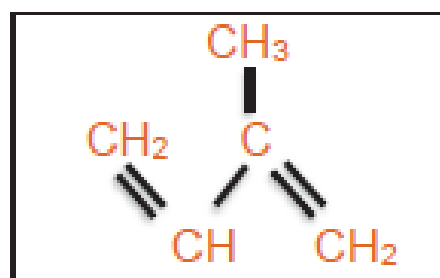


Figura 2: Estructura química de un isopreno

**Fuente:** (Cotillo, 1990)



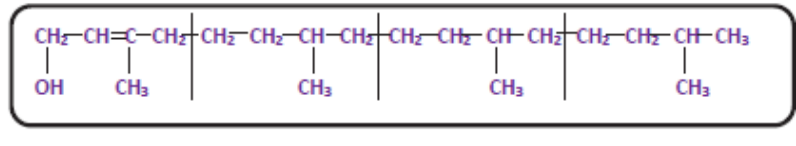


Figura 3: Estructura química Diterpeno (fitol de la clorofila)

**Fuente:** (Cotillo, 1990)

## F. Poliacetilenos

Los poliacetilenos o polinos son un grupo de compuestos orgánicos con alternancia de enlaces covalentes simples y triples. El ejemplo más simple es el diacetileno o buta-1,3-diino, HCEC-CECH. Al igual que los cumulenos, los poliacetilenos se distinguen de las otras cadenas por su rigidez (Goodman y Gilman, 1991).

En el caso de la *Grindelia Boliviana* Rusby contiene Poliacetilenos de material tánico 5.3%.

**G. Aceite esencial:** (0.3-0.5%) de color dorado, como componentes del aceite se encuentran borneol, terpinol, a-pineno y b-pineno. Existe la referencia de un contenido alucinógeno.

## H. Flavonoides

Flavonoide del latín flavus, “amarillo”, es el término genérico con que se identifica a los metabolitos secundarios de las plantas, la estructura base, se cicla gracias a una enzima isomerasa. Los flavonoides protegen del daño de los oxidantes, como los rayos UV; la polución ambiental (como el plomo y el mercurio) y sustancias químicas presentes en los alimentos (colorantes, conservantes, etc.). (Goodman y Gilman, 1991)

En el caso del Chiri Chiri (*Grindelia boliviana* Rusby), contiene Flavonoides con enlaces o-metilados del tipo de quercitina y canferol ácidos fenocarbónicos: ácido p-hidroxilbenzoico, p-cumarico y ferulaico.

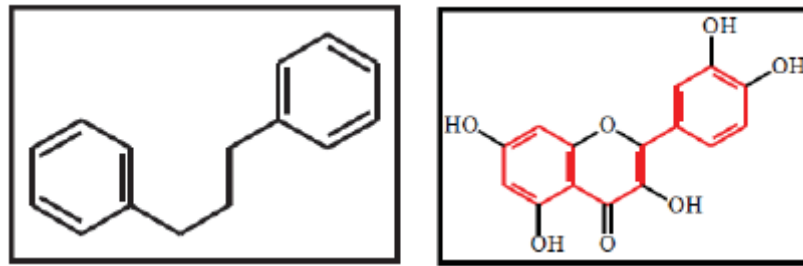


Figura 4: Estructura básica de los flavonoides y Estructura química de la quercetina

**Fuente:** (Martínez, 2005)

### 2.2.3. Colorantes

#### **Definición:**

Son los productos químicos pertenecientes a un extenso grupo de sustancias, empleados para colorear tejidos, tintas y productos alimenticios. En la moderna terminología industrial se amplía el concepto de colorantes a los productos que contienen colorantes orgánicos puros junto con agentes reductores o de relleno que los hacen más manejables. Los colorantes no deben confundirse con los pigmentos, que son sustancias polvorosas de color que precisan mezclarse con agentes adhesivos antes de aplicarse a una superficie. El color de los compuestos orgánicos depende de su estructura, generalmente, los empleados como tintes son productos químicos orgánicos insaturados. La característica del color es especialmente notable en productos químicos que contienen ciertos grupos insaturados bien definidos. Estos productos químicos, conocidos como cromóforos (portadores de color), tienen diferentes capacidades para dar color. Los colorantes han de tener la capacidad de penetrar y colorear los tejidos y otros materiales. Los radicales químicos llamados auxocromos, tienen la propiedad de fijar eficazmente el colorante deseado. En algunos compuestos, la presencia de un

grupo auxocromo puede colorear compuestos incoloros (Fernandez & Saavedra, 2019)

## Clasificación de los colorantes

### A. Colorantes naturales

**A.1. Colorantes vegetales:** También conocidos como pigmentos, éstos se encuentran distribuidos en todo el reino vegetal a excepción de los hongos. Los colorantes vegetales se hallan en la naturaleza asociados con ciertas sustancias que intensifican o modifican su color, éstas tienen el nombre de copigmentos y pueden ser flavonas, flavonoles, taninos, ácidos y otros compuestos que no han podido ser identificados. También son causas de su modificación la quelación con iones de metales pesados como hierro, aluminio, el hierro (+3) que produce coloración roja y molibdeno azul púrpura. (Fernandez & Saavedra, 2019)

Tabla 2: Longitud de onda de los colorantes vegetales.

Naturaleza Química	Algunos ejemplos	Color Predominante	Longitud de Onda $\lambda_{max}$ (nm)
Tetrapirroles (lineales y cíclicos)	Ficobilinas	Azul-verde	610-650(ficocianinas)
	Clorofila	Amarillo-rojo Verde	540-570(ficoeritrinas) 640-660
Caratenoides (tetraterpenoides)	Carotenoides	Amarillo- Anarando	400-500
Flavonoides	Flavonas	Blanco-crema	310-350
	Flavonoles	Amarillo-blanco	330-360
	Chalconas	Amarillo	340-390
	Auronas	Amarillo	380-430
	Antocianinas	Rojo-azul	480-550
Xantonas	Xantonas	Amarillo	340-400



Quinonas	Naftoquinonas	Rojo-azul-verde	420-460
	Antraquinonas	Rojo-puerpura	
Derivados Indigoides e indoles	Indigo	Azul-rosado	470-485 (betaxantinas)
	Betalainas	Amarillo-rojo	530-554 (betacianinas)
Pirimidinas sustituidas	Pterinas	Blanco-amarillo	
	Flavinas	Amarillo	
	Feoxazinas	Amarillo-rojo	
	Fenazinas	Amarillo-purpura	

---

FUENTE: Olga Lock Sing de Ugaz, Colorantes Naturales, Perú 1997.

**A.2. Colorantes Minerales:** Son colorantes naturales procedentes de minerales. Denominados también colorantes anorgánicos o inorgánicos, diferenciándose así de los de origen vegetal y animal considerándose como colores orgánicos. Pertenecen a este tipo los que se encuentran directamente en la naturaleza como los obtenidos artificialmente. (Fernandez & Saavedra, 2019)

**A.3. Colorantes de origen animal:** Son colorantes naturales de procedencia animal.

**A.4. Colorantes Sintéticos** Desde un punto de vista puramente químico, a de contener la fórmula del mismo grupo auxócromo y cromóforo.

Los colorantes de carácter químico se clasifican en los siguientes grupos:

- Colorantes directos o sustantivos
- Colorantes reactivos
- Colorantes sulfurosos
- Colorantes indantrenos
- Colorantes Naftoles
- Colorantes ácidos



- Colorantes básicos o catiónicos.
- Colorantes dispersos
- Colorantes mordentados o complejo metálico

## **Propiedades físicas y químicas de los colorantes**

### **Propiedades físicas**

Las propiedades de los colorantes pueden clasificarse como propiedades de aplicación y propiedades de uso final. Las propiedades de aplicación incluyen la solubilidad, la afinidad y la velocidad de teñido. Las propiedades de uso final son el tono y la resistencia a los factores degradantes tales como la luz, lavado, calor (sublimación) y desteñido. (Ramos, 2020)

### **Propiedades químicas**

Para el desarrollo de las propiedades químicas de los colorantes es esencial la presencia de un grupo cromóforo y de un grupo auxócromo.

El grupo cromóforo confiere a la molécula de la sustancia que lo contiene los llamados cromóforos que van a provocar la aparición de un color (por desplazamiento). Aunque este coloreado no es capaz de teñir fibra u otras sustancias, pero esta adquiere la propiedad de colorante, cuando se introducen en la molécula de los grupos auxócromos constituidos por radicales saturados que le confieren adherencias al colorante.

En general el color de un colorante se debe al estado de instauración de las moléculas y cuando estas se saturan el material se vuelve incoloro (reducción del colorante). El color de un colorante puede ser intensificado añadiendo grupos metilo, etilo o fenilo para aumentar el peso molecular (Choqueza, 2001).

### **Aplicación de los colorantes:**

#### **Colorantes en la Aplicación textil**



Para que un colorante sea útil, debe ser capaz de unirse fuertemente a la fibra, y por lavado no debe perder su color. Debe ser relativamente estable químicamente y soportar bien la acción de la luz . (Fernandez & Saavedra, 2019)

### **Colorantes en la Aplicación alimentaria**

En la industria de las bebidas y la alimenticia es indispensable que los productos fabricados sean realmente atractivos para la vista del consumidor, pues en ocasiones, su color, textura o tamaño es lo que hace la diferencia para que éste escoja de entre un producto, marca o presentación de otro (Dos Santos & Maier, 2008)

#### **2.2.4. Métodos de extracción de los colorantes.**

La extracción se basa en la separación de porciones biológicamente activas, utilizando un solvente y un proceso de extracción adecuado. Los principios a extraer se encuentran disueltos en el citoplasma de la célula vegetal o formando sales que se encuentran “incrustadas” en la célula. (Ramos, 2020)

Deriva del vocablo latino extrahire (sacar fuera de), el verbo extraer evoca una separación selectiva en la que se retiene una de las frases (el extracto) y se rechaza la otra (el residuo). (Marfart & Béliard, 1994)

Para la extracción de la materia colorante, se plantean diversas metodologías de extracción en las cuales se buscan por esto cierto equilibrio entre los rendimientos, mínima cantidad de compuestos contaminantes y el evitar los costos muy altos (Hatta & Ramos, 2000)

Muchos productos orgánicos naturales se separan de su estructura original por medio de la extracción, lavado, lixiviación, etc. El método a emplearse en la extracción está determinado por tres factores:

- La cantidad de constituyentes solubles en el material.



- Naturaleza del sólido que depende del tamaño de partículas.
- Distribución de sólidos que depende en el material, debido a que el solvente actúa primeramente en las capas exteriores y posteriormente en las capas subsiguientes. Esto da como consecuencia que la extracción se vaya haciendo más difícil y la velocidad de la extracción sea menor, cuando mayor es la cantidad de soluto constituyente (Ancco & Zamata, 2004)

**Extracción directa a reflujo:** En esta técnica se calienta el sólido junto con el disolvente en un matraz y colocando un refrigerante en posición vertical para que se condense el disolvente que está hirviendo y no se pierda. Hasta que el producto deseado se encuentre disuelto en dicho disolvente. Se utiliza principalmente para producir el calentamiento de reacciones que poseen mayor temperatura que la temperatura ambiente por lo que es propicio mantener el volumen de la reacción constante. Este es usado para calentar mezclas por tiempo prolongado a cierta temperatura en la cual no se puede permitir la evaporación excesiva de los líquidos. Por lo tanto, la ventaja de esta técnica es que puede ser dejada por un período de tiempo largo sin necesidad de adicionar más solvente. Esta técnica es especialmente importante para realizar reacciones bajo condiciones controladas que requieren un tiempo sustancial para ser completadas (McMurry, 2008).

**Extracción con Soxhlet:** En esta técnica el disolvente y la muestra están en contacto íntimo y repetido, además que el disolvente está caliente y eso favorece la solubilidad del analito. Esta técnica tiene el inconveniente que ocupa mucho tiempo en su realización y no se puede acelerar. La extracción Soxhlet consiste en el lavado sucesivo de una mezcla sólida con un determinado solvente

(etanol) que va “lavando o extrayendo” de la mezcla, los componentes más solubles en él (Carey, 2006, p. 85).

Mediante el lavado sucesivo de una mezcla, se puede extraer de ella componentes cuya solubilidad en el solvente exactamente es muy baja, debido al efecto acumulado de las múltiples extracciones. Éste funciona de la siguiente forma: Cuando se evapora, el disolvente sube hasta el área donde es condensado; aquí, al caer y regresar a la cámara de disolvente, va separando los compuestos hasta que se llega a una concentración deseada.

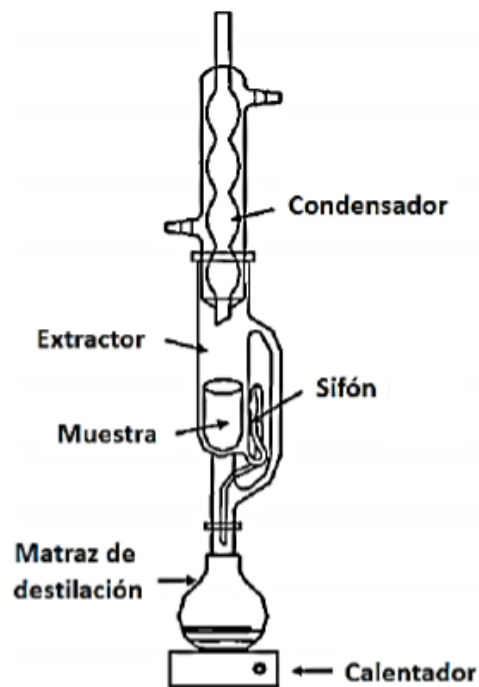


Figura 5: Equipo de extracción soxhlet.

FUENTE: Equipo de extracción por soxhlet convencional (Nina & Chara, 2019)

### **Ventajas del uso del Extractor Soxhlet**

- El disolvente y la muestra están en contacto íntimo y repetido. De manera que se mejora muchísimo la extracción porque siempre se emplea un disolvente limpio.





- El disolvente proviene de una condensación y está caliente. Favoreciendo de manera la solubilidad del analito.
- No se requiere filtración posterior. El disolvente orgánico se evapora quedando sólo analito.
- Gran capacidad de recuperación.
- Instrumentación simple.

#### **Desventajas del uso del Extractor Soxhlet.**

- Es un proceso extremadamente lento e imposible de acelerar.
- Se requiere gran cantidad de disolvente.
- Inaplicable a analitos termolábiles, que se descompongan con el calor o reaccionen.
- Necesidad de etapa final de evaporación.
- El método no depende de la matriz sólida.

#### **Factores que influyen en la eficacia de la extracción de colorantes.**

Los factores que influyen en la extracción de colorantes son las siguientes:

**Naturaleza del solvente.** Debido a numerosas razones evidentes, el solvente más adecuado y mayormente empleado en las industrias agroalimentarias es el agua. El agua es el solvente más universal y útil a la vez para la extracción de azúcares, para la extracción de compuestos nitrogenados, y para sales minerales (Marfart & Béliard, 1994)

**Temperatura.** - Normalmente la extracción se desarrolla con buen rendimiento tanto en la calidad extraída como en la velocidad o tiempo, cuando es a la mayor temperatura permisible, el soluto que interesa extraerse sufrirá cambios químicos que no son deseables para la buena cantidad del



producto. A mayores temperaturas, mayor es la solubilidad del soluto en el solvente, como se logra una mayor concentración del soluto en el extracto. Al aumentar la temperatura, aumenta la difusión y permite también aumentar la velocidad de extracción (Marfart & Béliard, 1994)

**Tamaño de partícula.** –Para la extracción el tamaño de partícula se llevó a lo más fino posible, con el fin de lograr la mayor difusión del soluto al solvente. Para el tamaño óptimo hay que tener en cuenta lo siguiente:

- Cuantas más pequeñas sean las partículas mucho mejor es el área interfacial entre el sólido y el líquido y por lo tanto la relación y la velocidad de transferencia del material son mayores.
- Cuando el material es demasiado fino, ofrece dificultades en la extracción ya que en algunos casos impide la libre circulación del líquido y del drenaje del sólido residual resulta más difícil. Cuando se hable del tamaño de partículas que permita el tiempo necesario para la extracción con alto rendimiento de concentración y menor tiempo de extracción.

**pH del medio de extracción.** -El pH del medio de extracción interviene principalmente en la disolución de los compuestos solubles y en la solubilización de la fracción hidrosoluble. Las macro moléculas con cierta polaridad, principalmente las proteínas están muy afectadas por el pH sólo son solubles en la medida en que el pH está alejado de su punto isoeléctrico (a menudo situado entre 4 y 5) (Marfart & Béliard, 1994).

#### **2.2.5. Etanol.**

Es un líquido incoloro, fácilmente inflamable, arde con llama azulada pálida. Su solubilidad en el agua es en todas las proporciones, siendo además



soluble en diversas sustancias orgánicas e inorgánicas cuando se mezcla en estado anhidro.

El etanol es obtenido mediante la destilación y rectificación de productos provenientes de sustancias fermentables permitidas. La materia prima de la que proviene tiene sabor y olor imperceptible, es por ello que predomina el olor y sabor ardiente característico.

### **Utilización del etanol como solvente**

La graduación alcohólica alcanzada durante su destilación no debe ser menor de 96% v/v a 20°C. Presentando un máximo de cogenéricos del orden de 10 miligramos/100 mililitros de alcohol anhidro. (Marin & Mejia, 2012).

### **2.2.6. Análisis fisicoquímico del colorante**

Se determinó la medición del potencial de hidrogeno, viscosidad, densidad e índice de refracción. El análisis se realizó en el Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Química de la UNAP

### **Medición de pH**

La relación logarítmica entre el pH y el ion de hidrógeno, ofrece la habilidad de medir la concentración del ion de hidrógeno de 1 a 10<sup>-14</sup> sobre el rango de escala 0 a 14 pH. (Sherman, 1996)

### **Viscosidad**

Las fuerzas de atracción que mantienen las moléculas a distintas ínfimas dando a los líquidos suficiente cohesión determinan que estos al fluir a través de un tubo produzcan fricción. La resistencia que el líquido ofrece al flujo se denomina viscosidad. Los líquidos tienen coeficientes de viscosidad invariablemente más altos que los gases. Como quedo establecido, la viscosidad de los gases aumenta con la temperatura y es independiente de la presión. En



cambio, la viscosidad de los líquidos disminuye a medida, que aumenta la temperatura y decrece la presión. En el análisis del fenómeno se establece que la velocidad con la que las capas de un líquido fluyen aumente a medida que crecen las distancias de las capas del líquido en dirección normal a las paredes del conducto (Ramirez, 2002)

### **Densidad**

La densidad es una propiedad característica, significa que es específica de cada materia y depende de sus características, internas y no de la cantidad de ella, lo cual permite diferenciar a un material de otro con la ayuda de otras propiedades. En una sustancia, es una medida que nos dice cuanta materia, hay de esa sustancia en cierto espacio (Punina et al., 2010).

### **Índice de refracción**

El índice de refracción, de una sustancia es, la relación entre la velocidad de un rayo de luz en el vacío y la velocidad de la luz a través de la sustancia, es decir la relación aire-sustancia. Es igualmente la relación, del seno del ángulo de incidencia al seno del ángulo de refracción (Organización Internacional De Normalización, 1998). Es el método óptico, que guarda relación directa con la pureza de un aceite esencial.

#### **2.2.7. Espectrofotometría**

La espectrofotometría es un método de identificación de los colorantes, por ser una técnica que comunica información muy específica respecto a la estructura e identificación de moléculas complejas. instrumento capaz de medir la energía absorbida o emitida por una sustancia se llama espectrómetro, pero este término hace alusión a un equipo que hace la elección de la longitud de onda mediante un filtro. Si la elección de la longitud de onda se realiza por un

monocromador, el equipo tiene mayor resolución y se llama espectrofotómetro (Osorio, 2011)

También podemos decir que es la medida de la cantidad de energía radiante absorbida por las moléculas a longitudes de onda específicas.

El espectrofotómetro es un instrumento usado en la física óptica que permite comparar la radiación absorbida o transmitida por una solución que contiene una cantidad desconocida de soluto, y una que contiene una cantidad conocida de la misma sustancia en función de la longitud de onda



Figura 6: Tipos de espectrofotómetros

FUENTE: (Avery, 1977)

### **Los componentes esenciales de un espectrofotómetro son:**

Un detector de radiación o transductor que recibe la señal de radiación electromagnética y la convierte en una señal eléctrica de magnitud proporcional a la intensidad de la radiación recibida.

Un sistema amplificador que produzca o genere una señal eléctrica mucho mayor a la señal recibida

Un sistema de lectura tal como: Una escala de aguja, un registrador, un sistema de dígitos o una computadora, que transforme la señal eléctrica en una señal que el operador pueda interpretar.



## Métodos Espectroscópicos

Los métodos espectroscópicos de análisis se basan en la medida de la radiación electromagnética emitida o absorbida por la materia.

- Los métodos de emisión utilizan la radiación emitida cuando un soluto es excitado por energía térmica, eléctrica, o energía radiante.
- Los métodos de absorción, por el contrario, están basados en la disminución de la potencia (o atenuación) de la radiación electromagnética como consecuencia de la absorción que se produce en su interacción con el soluto.
- Los métodos de absorción poseen la considerable ventaja de producir poca o ninguna alteración en el sistema estudiado.

Los métodos espectroscópicos se clasifican según la región del espectro electromagnético que esté implicada; siendo las más importantes las regiones de:

- rayos X,
- ultravioleta,
- visible,
- infrarroja,
- microondas
- Radiofrecuencia.

### Los rangos de longitud de onda son:

- Ultravioleta, 185-400 nm: utiliza absorciómetro UV.
- Visible, 400-760 nm: utiliza absorciómetro con filtros coloreados ó espectrofotómetro.
- Infrarrojo, 0,76-15  $\mu\text{m}$ : utiliza espectrofotómetro infrarrojo



En el espectrofotómetro UV/VIS (UNICO / SQ2802E) del laboratorio de control de calidad de la Facultad de Ingeniería Química está considerada en un rango de 185,0 nm a 1 100 nm. (Ramos, 2020)

Tabla 3: Colores de luz visible

Longitud de onda de la absorción máxima (nm)	Color absorbido	Color observado
380-420	Violeta	Amarillo-verdoso
420-440	Azul-violeta	Amarillo
440-470	Azul	Naranja
470-500	Verde-azuloso	rojo
500-520	Verde	Purpura
520-550	Verde- amarillento	Violeta
550-580	Amarillo	Azul-violeta
580-620	Naranja	Azul
620-680	Rojo	Verde-azuloso
680-780	purpura	verde

FUENTE: (Rubinson & Rubinson, 2001)

## ESPECTROMETRIA DE ABSORCION

Según (Rubinson & Rubinson, 2001) La medida de la emisión y la absorción de la luz por parte de las sustancias se denomina espectrofotometría, a menudo simplificada como espectrometría, que es el término que se utilizara. Los términos absorción significa *tomar*, y emisión significa *dar*

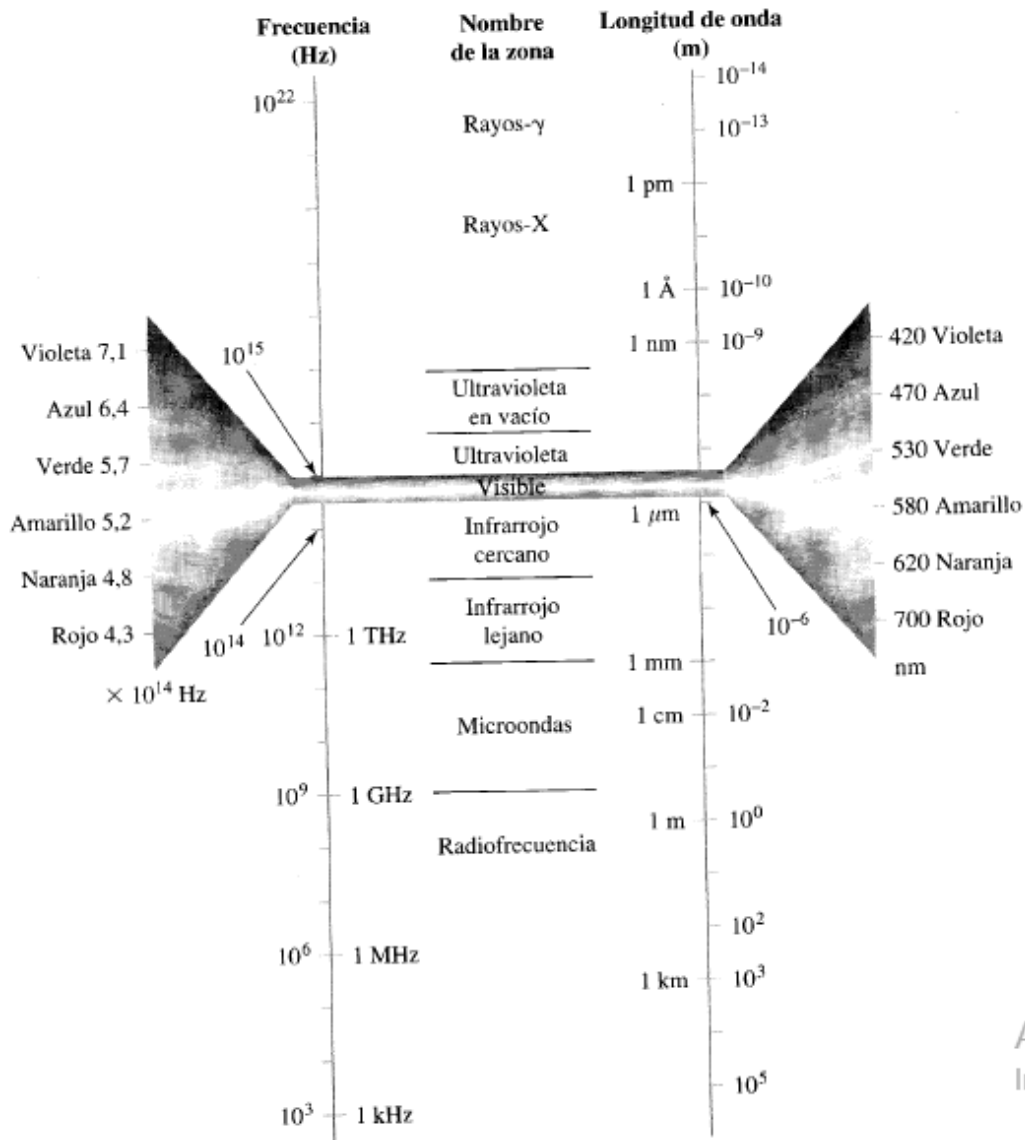


Figura 7: Diagrama de nombres, frecuencias y longitudes de onda(en el vacío) de la radiación electromagnética.

FUENTE: (Rubinson & Rubinson, 2001)

De la figura 7; cada región del espectro se utiliza en uno o más métodos analíticos. La luz visible se centra en torno a  $500 \text{ nm} = 20000 \text{ M}^{-1} * \text{cm}^{-1}$ . según el libro de análisis instrumental de (Rubinson & Rubinson, 2001)

La espectrometría de absorción implica la medida de la fracción de luz de una longitud de onda dada que pasa a través de una muestra.

En la siguiente figura muestra el monocromador entre la fuente y la muestra



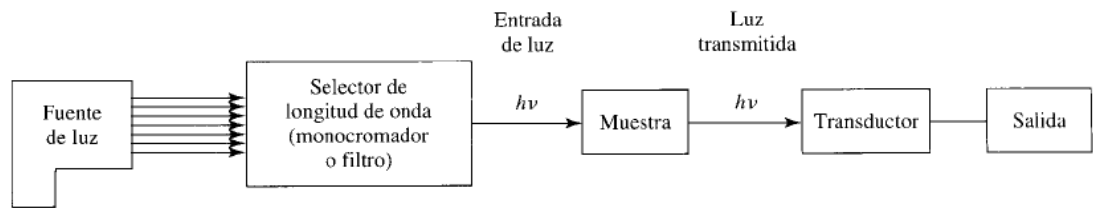


Figura 8: Diseño de un equipo experimental para medir absorción o transmitancia a una única longitud de onda

FUENTE: (Rubinson & Rubinson, 2001)

La muestra (como solución coloreada) no emite luz por sí misma, porque se debe incluir una fuente de radiación.

La mayoría de las fuentes producen luz con longitudes de onda no deseadas además de la deseada. El paso de la luz a través de un monocromador o un filtro selecciona la longitud de onda para el análisis. La figura muestra el monocromador entre la fuente y la muestra. (Rubinson & Rubinson, 2001)

### Absorción

Se denomina absorción al proceso por el cual una especie, en un medio transparente, capta selectivamente ciertas frecuencias de la radiación electromagnética.

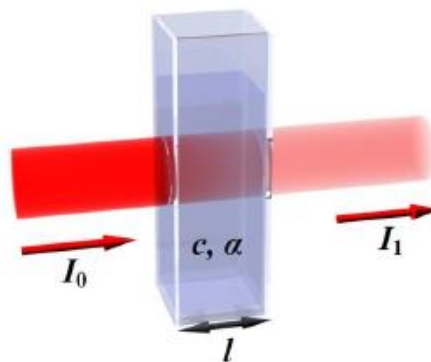


Figura 9: Proceso de una muestra en absorción

FUENTE: (Avery, 1977)



## Absorbancia y concentracion

Según (Rubinson & Rubinson, 2001), La absorbancia de una muestra es proporcional a la concentracion de la sustancia que absorbe la luz incidente.

Experimentalmente, se muestra que:

$$A = a b c$$

En otras palabras, la absorbancia es directamente proporcional a:

- a) Una constante que es una propiedad de la sustancia por si misma asi como de la longitud de onda de medida
- b) la longitud de paso optico a traves del cual la luz viaja hacia la muestra
- c) La concentracion de la sustancia que absorbe la luz.

## Leyes Fundamentales de la Absorción

**Ley de Lambert:** Cuando un haz de luz atraviesa un medio absorbente de concentración constante, la cantidad de energía luminosa absorbida por el medio varía en forma directamente proporcional a la distancia recorrida.

$$A = \epsilon l c$$

Dónde:

A: es la absorbancia (o absorbencia)

b: es la distancia que la luz atraviesa por el cuerpo

c: es: la concentración de sustancia absorbente en el medio

$\epsilon$ : es el coeficiente de absorción o la absorbencia molar de la sustancia

**Ley de Beer:** Cuando un haz de luz atraviesa un medio absorbente de espesor constante, la cantidad de energía luminosa absorbida por el medio varia en forma directamente proporcional a la concentración del absorbente en el medio:



### Energía absorbida $\alpha$ [C]

Estas dos ecuaciones se fusionan en la ecuación que describe la **ley de Lambert-Beer**, cuando la concentración  $c$  se expresa en ( $mol L^{-1}$ ), y la longitud de paso óptico en  $cm$ , entonces la constante  $a$  tendrá las unidades ( $L mol^{-1} cm^{-1}$ ), en cuyo caso se le da el símbolo  $\epsilon$ ,  $\epsilon$  se denomina **coeficiente de extinción molar o absorptividad molar**: (Rubinson & Rubinson, 2001)

$$A(\text{adimensional}) = \epsilon (L mol^{-1} cm^{-1}), b(cm) c(mol L^{-1})$$

O simplemente:

$$A = \epsilon b c$$

Donde:

$A$  = absorptancia leída

$\epsilon$  = absorptividad molar

$b$  = paso óptico de la celda

$c$  = concentración

Es importante señalar que  $\epsilon$  depende de la medida de la longitud de onda, así, a menudo se escribe el valor de  $\epsilon$  como:

$$\epsilon_{\lambda(nm)}, \text{ tal como } \epsilon_{530}$$

Para indicar que  $\epsilon$  se mide a  $\lambda(nm) = 530$  nm

Si no se indican las unidades, el uso de  $\epsilon$  implica generalmente unidades molares.

Otras unidades que podrían utilizarse para la absorptividad son, por ejemplo,  $(\mu g L^{-1})^{-1} cm^{-1}$ . En este caso, la unidad de la concentración debe expresarse en  $(\mu g L^{-1})$  (Rubinson & Rubinson, 2001)



### 2.2.8. Análisis y diseño de experimentos

El objetivo de un diseño factorial es estudiar el efecto de varios factores sobre una o varias respuestas, cuando se tiene el mismo interés sobre todos los factores. Por ejemplo, uno de los objetivos particulares más importantes que en ocasiones tiene un diseño factorial es determinar una combinación de niveles de los factores en la que el desempeño del proceso sea mejor. Los factores pueden ser de tipo cualitativo (máquinas, tipos de material, operador, la presencia o ausencia de una operación previa, etc.), o de tipo cuantitativo (temperatura, humedad, velocidad, presión, etc.). Para estudiar la manera en que influye cada factor sobre la variable de respuesta es necesario elegir al menos dos niveles de prueba para cada uno de ellos. Con el diseño factorial completo se corren aleatoriamente todas las posibles combinaciones que pueden formarse con los niveles de los factores a investigar. (Gutierrez & Salazar, 2008)

Así, la matriz de diseño o arreglo factorial es el conjunto de puntos experimentales o tratamientos que pueden formarse considerando todas las posibles combinaciones de los niveles de los factores. Por ejemplo, con  $k = 2$  factores, ambos con dos niveles, se forma el diseño factorial  $2 \times 2 = 2^2$ , que consiste en cuatro combinaciones o puntos experimentales. Si ahora uno tiene tres niveles y el otro dos, se pueden construir  $3 \times 2$  combinaciones que dan lugar al diseño factorial  $3 \times 2$ . Observe que en el nombre del diseño factorial va implícito el número de tratamientos que lo componen. Para obtener el número de corridas experimentales se multiplica el número de tratamientos por el número de réplicas, donde una de éstas se lleva a cabo cada vez que se corre el arreglo completo. (Gutierrez & Salazar, 2008)



En general, la familia de diseños factoriales  $2^k$  consiste en  $k$  factores, todos con dos niveles de prueba; y la familia de diseños factoriales  $3^k$  consiste en  $k$  factores cada uno con tres niveles de prueba. Es claro que, si los  $k$  factores no tienen la misma cantidad de niveles, debe escribirse el producto de manera explícita; por ejemplo, con  $k = 3$  factores, el primero con cuatro niveles y los dos restantes con dos niveles, se tiene el diseño factorial  $4 \times 2 \times 2$  o  $4 \times 2^2$ .

### **Diseño factorial $2^2$**

Con un diseño factorial  $2^2$  se estudia el efecto de dos factores considerando dos niveles en cada uno. Cada réplica de este diseño consiste de  $2 \times 2 = 4$  combinaciones o tratamientos que se pueden denotar de diferentes maneras, como se muestra en la tabla. Algunas de estas notaciones se utilizan en situaciones muy particulares; por ejemplo, la notación  $+1, -1$  es útil a la hora de hacer los cálculos para ajustar por mínimos cuadrados un modelo de regresión a los datos; es la notación que utilizan los paquetes Statgraphics y Minitab. La notación de signos  $+, -$  es muy práctica para escribir las matrices de diseño; esta notación, combinada con la de Yates (véase última columna de la tabla) permite representar y calcular fácilmente los efectos de interés. La notación con letras  $A+, A-$  se utiliza para escribir, al final del análisis del experimento, el mejor punto o tratamiento ganador que se ha encontrado. (Gutierrez & Salazar, 2008)



Tabla 4: Seis maneras de escribir los tratamientos del diseño  $2^2$

	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	Notación de Yates
Tr 1	Bajo	Bajo	$A_1$	$B_1$	$A^-$	$B^-$	-	-	0	0	-1	-1	(1)
Tr 2	Alto	Bajo	$A_2$	$B_1$	$A^+$	$B^-$	+	-	1	0	1	-1	A
Tr 3	Bajo	Alto	$A_1$	$B_2$	$A^-$	$B^+$	-	+	0	1	-1	1	B
Tr4	alto	alto	$A_2$	$B_2$	$A^+$	$B^+$	+	+	1	1	1	1	Ab

FUENTE: (Gutierrez & Salazar, 2008)

### Diseño factorial $2^3$

Con el diseño factorial  $2^3$  se estudian tres factores en dos niveles cada uno. Consta de  $2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8$  tratamientos diferentes, los cuales pueden identificarse con las mismas notaciones introducidas con el diseño  $2^2$  (véase tabla). Los tratamientos del diseño  $2^3$  y su representación geométrica se muestran en la figura. La región experimental ahora es un cubo regular centrado en el origen (0, 0, 0), cuyos vértices son los ocho tratamientos. La matriz de diseño se construye fácilmente alternando el signo menos y el signo más en la primera columna, dos menos y dos más en la segunda columna, y cuatro menos y cuatro más en la tercera; el diseño resulta acomodado en el orden estándar o de Yates. (Gutierrez & Salazar, 2008).

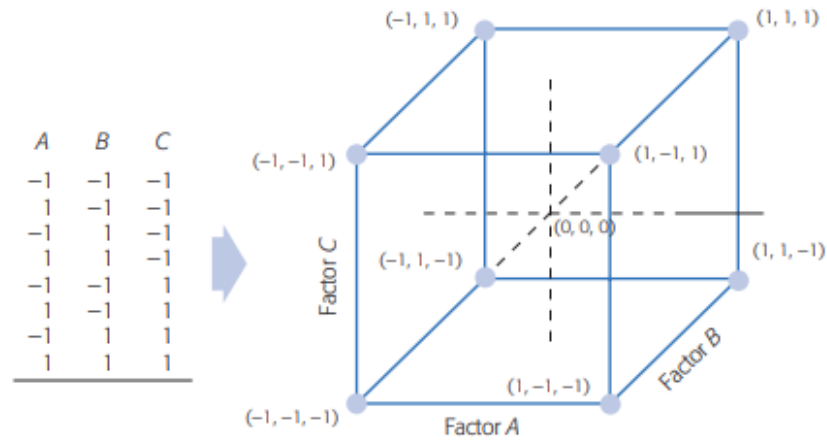


Figura 10: Diseño factorial y su representación geométrica

FUENTE: (Gutierrez & Salazar, 2008)

Tabla 5: Tabla de signos del diseño factorial  $2^3$

Total	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
<b>(1)</b>	-	-	-	+	+	+	-
<b>A</b>	+	-	-	-	-	+	+
<b>B</b>	-	+	-	-	+	-	+
<b>Ab</b>	+	+	-	+	-	-	-
<b>C</b>	-	-	+	+	-	-	+
<b>Ac</b>	+	-	+	-	+	-	-
<b>Bc</b>	-	+	+	-	-	+	-
<b>abc</b>	+	+	+	+	+	+	+

FUENTE: (Gutierrez & Salazar, 2008)

### 2.2.9. Teñido de lana

La lana es una de las fibras naturales que se obtiene de la oveja que se ha nombrado como insustituible debido a las cualidades que presentan. Así debido a los rizos que presentan las fibras de lana hace que tengan una elasticidad y resistencia que hace que los tejidos fabricados con lana se deformen menos que otros tejidos con fibras naturales. Otras características de la lana que la hacen especialmente adecuada para vestir con su ligereza, su capacidad para absorber



humedad y sus propiedades aislantes. La calidad de la lana depende de muchos factores, entre estos del clima, del suelo de la variedad de la oveja; así la lana más fina se la obtiene de la oveja merina cerca del 40% de la producción mundial de lana se la obtiene de este tipo de ovejas y un 43% se obtiene de ovejas cruzadas. (Fernandez & Saavedra, 2019)

### **Propiedades De La Lana:**

Entre las propiedades más importantes tenemos:

- **Finura:** Puede variar desde 12 a 130 micras según la raza.
- **Longitud:** Va desde 30 a 40 mm de longitud.
- **Rizado:** Merinas Finas de 10 a 12 ondulaciones por cm.; las menos finas de 7 a 8, las bastas de 2 a 4 incluso algunas carecen de ellas.
- **Peso específico:** Tiene un peso específico de 1,31 g/cm<sup>3</sup> y una humedad del 17%. (Ramos, 2020)
- **Color:** El color de la lana puede variar desde el blanco puro hasta el amarillo crema
- **Suavidad:** La suavidad es una de las propiedades únicas de la lana dándole un tacto “lanoso” que las demás fibras tratan de imitar.
- **Higroscopicidad:** La lana lavada posee un reprise de humedad del 17 al 65% de HR y 20°C, en la lana sucia tiene un reprise que va del 9 al 12% a 60% de HR y del 11 al 13% al 70% de HR.

### **Metodología tintórea.**

La tintura de las fibras naturales con los colorantes reactivos tiene lugar en tres diferentes etapas: (Osorio, 2011)





### **Absorción.**

En esta fase, el colorante reactivo no sufre ninguna descomposición, produciéndose tan solo la difusión hacia el interior de la fibra donde se absorbe sobre las cadenas proteicas o celulósicas a través de fuerzas de tipo secundario. Una pequeña parte de colorante se encuentra en el agua contenida en el interior y el resto permanece en la solución externa. Una vez alcanzado el equilibrio en la absorción, se añade álcali a la solución de tintura iniciándose la segunda fase, la reacción, la cual es simultánea con una mayor absorción. En la absorción influyen los siguientes parámetros: naturaleza del colorante, relación del baño, concentración del electrolito, pH, temperatura y tipo de fibra.

### **Eliminación.**

Es la última etapa de la tintura la cual consiste en la eliminación del colorante hidrolizado que, si bien se procura que sea mínimo, siempre existe en mayor o menor proporción.

### **Teñido.**

El teñido, según opinión generalmente aceptada, es el arte de colorear, de manera más o menos permanente, fibras textiles u otras sustancias mediante la saturación de las mismas con una solución de colorante. (Horsfall & Lawrie, 1976).

El teñido es el proceso en el que la materia textil, al ser puesta en contacto con una solución de colorante, absorbe este de manera que habiéndose teñido ofrece resistencia a devolver el colorante al baño. El proceso molecular tintóreo es lo que llamamos cinética tintórea. En torno a esta definición de teñido, establecemos dos principios fundamentales:



- Que la tintura consiste en una compenetración entre colorante y fibra, que no es el recubrimiento exterior de una fibra con un colorante, si no absorción de colorante al interior de la fibra.
- Que es un proceso de efecto durable; si una fibra se destiñe fácilmente es que no ha sido teñida.

### **Proceso de teñido**

Teñido de fibras textiles con colorantes naturales, industriales se realiza en una solución generalmente acuosa denominada licor o baño de teñido. Un proceso de teñido está realizado correctamente cuando la coloración es relativamente permanente, es decir, si no se remueve fácilmente por efecto de agentes externos como la luz y el agua. El proceso de teñido se puede describir en varias etapas, el colorante se difunde en una fase líquida para llegar hasta la fibra, posteriormente el colorante pasa de la fase líquida a la fase sólida sobre la superficie de la fibra y finalmente el colorante ingresa al interior de la fibra estableciendo enlaces para fijarse dentro la misma. Durante el proceso de teñido de la fibra se tiene diferentes etapas: (Ojeda, 2012).

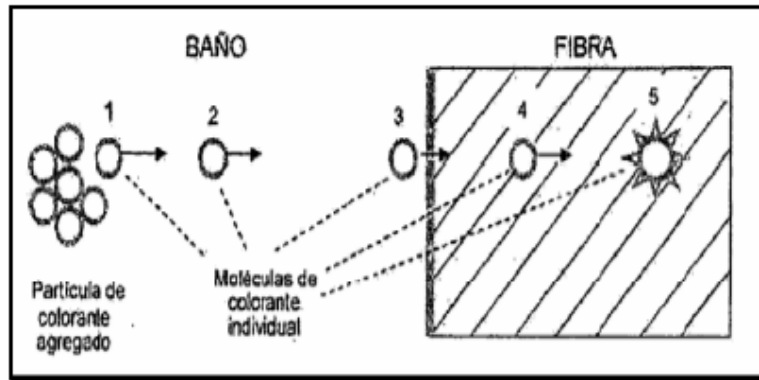


Figura 11: Proceso del Teñido.

FUENTE: Carvallo (2000)

- 1.- Disgregación del colorante.
- 2.- Difusión en baño.
- 3.- Absorción superficial en la fibra.
- 4.- Difusión en la fibra.
- 5.- Fijación.

### Parámetros de tintura

Los parámetros dentro de una tintura son los siguientes.

- a) **Tiempo:** El tiempo de tintura ejerce sobre la igualación, por lo que es imprescindible cumplir con los tiempos estimados para cada proceso.
- b) **Temperatura:** La temperatura más idónea para las fibras de lana oscila entre 90-100°C, la cual es la temperatura necesaria para realizar la tintura. Esta variable es de gran importancia especialmente en igualación, por lo general la temperatura se irá aumentando de 1 a 1.5 °C por minuto, hasta llegar a la temperatura necesaria

### Mordientes

Los mordientes son sales metálicas que se emplean en el proceso de tintura para que el colorante se fije a la fibra. La palabra mordiente viene del latín



‘morderé’ que literalmente significa morder, dada la creencia en los pueblos antiguos de que estas sustancias “mordían” a la fibra para mantener el color. Las principales características de los mordientes son:

- Incrementan la fijación del colorante en la fibra, proporcionando brillo y colores intensos.
- Aumentan la solidez del colorante a la luz y al lavado.
- Aumentar el rango de colores que se pueden obtener del colorante de una sola planta.

Los mordientes pueden ser usados en diferentes etapas del proceso, como confirma el extenso número de trabajos realizados para tinter textiles con colorantes naturales, en cual se han utilizado diferentes mordientes dependiendo de la fibra empleada.

- **Antes de la tintura:** Colocar el mordiente junto con las fibras antes de la tintura produce colores claros y da el control sobre el proceso de mordentado.
- **Durante la tintura:** Es más rápido y elimina una etapa del proceso.
- **Después de la tintura:** Se emplea para incrementar la solidez al color y para aclarar u oscurecer el color obtenido en la tintura.

### **Tipos de Mordientes.**

#### **Ácido cítrico:**

El ácido cítrico se obtiene mediante fermentación, usando carbohidratos naturales, tales como azúcar y dextrosa como sustratos, y *aspergillus niger* como organismo de fermentación. (Medrano, 2010) Por sus propiedades conservantes y antioxidante es uno de los aditivos más utilizados



por la industria alimentaria. Sus funciones son como agente secuestrante, agente dispersante y acidificante.

### **Características generales del ácido cítrico**

La acidez del ácido cítrico es debida a los tres grupos carboxilos - COOH que pueden perder un protón en las soluciones. Si sucede esto, se produce un ion citrato. Los citratos son unos buenos controladores del pH de soluciones ácidas. Los iones citrato forman sales con muchos iones metálicos. El ácido cítrico es un polvo cristalino blanco. Puede existir en una forma anhidra, o como monohidrato que contenga una molécula de agua por cada molécula de ácido cítrico. La forma anhidra se cristaliza en el agua caliente, mientras que la forma monohidrato cuando el ácido cítrico se cristaliza en agua fría. El monohidrato se puede convertir a la forma anhidra calentándolo sobre 74 °C.

### **Cloruro de sodio**

Ayuda a reforzar el efecto del mordiente, se agrega durante el tinturado y así fijar el color, provocando uniformidad del color.

### **Alumbre**

Se agrega durante la fijación de color, ayudando a reforzar el efecto del mordiente.



## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. EQUIPOS, REACTIVOS E INSUMOS

##### A. EQUIPOS

- Balanza analítica (METTLER TOLEDO) AB2 04 Max. 210g Min. 10 mg
- Estufa VWR
- Equipo Soxhlet
- Espectrofotómetro UV/VIS (UNICO / SQ2802E)
- pHmetro METTLER
- Rota Evaporador
- Mortero
- Cocinilla VISIONEER

##### B. REACTIVOS

- Etanol (96°) (marca ALKOFARMA)
- Agua destilada. (marca ALKOFARMA)
- Detergente.
- El ácido cítrico
- Alumbre o cal
- Hidróxido de sodio (NaOH) (0.1 N)

##### C. INSUMOS

- Pizetas
- Guantes desechables
- Papel absorbente



- Luna de reloj
- Mortero
- Vaso de precipitados 400 mL.
- Matraz erlenmeyer (100 mL)
- Espátula
- Probeta de 100mL.
- Pinzas
- Embudo de vidrio PIREX ®
- Papel filtro
- Varilla
- Pipeta de 5 mL.
- Cintas.
- Frascos oscuros de 300 mL.

### **3.2. ZONA DE ESTUDIO**

El presente trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de Control de Calidad de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno (UNA - PUNO), bajo las condiciones ambientales a una presión atmosférica de 486 mm Hg, a una altitud de 3825 m.s.n.m. y a una temperatura promedio de 12 °C.

### **3.3. POBLACION Y MUESTRA**

UNIVERSO. Especie vegetal que contienen pigmentos colorantes.

MUESTRA: 1.5 Kg de flores de Chiri Chiri (*Grindelia boliviana Rusby*)

TIPO DE MUESTREO: Es puntual dirigido, ya que se utiliza las flores de Chiri Chiri (*Grindelia boliviana Rusby*), de los cuales se utilizarán sólo, las flores frescas.

### 3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL DE EXTRACCIÓN DEL COLORANTE

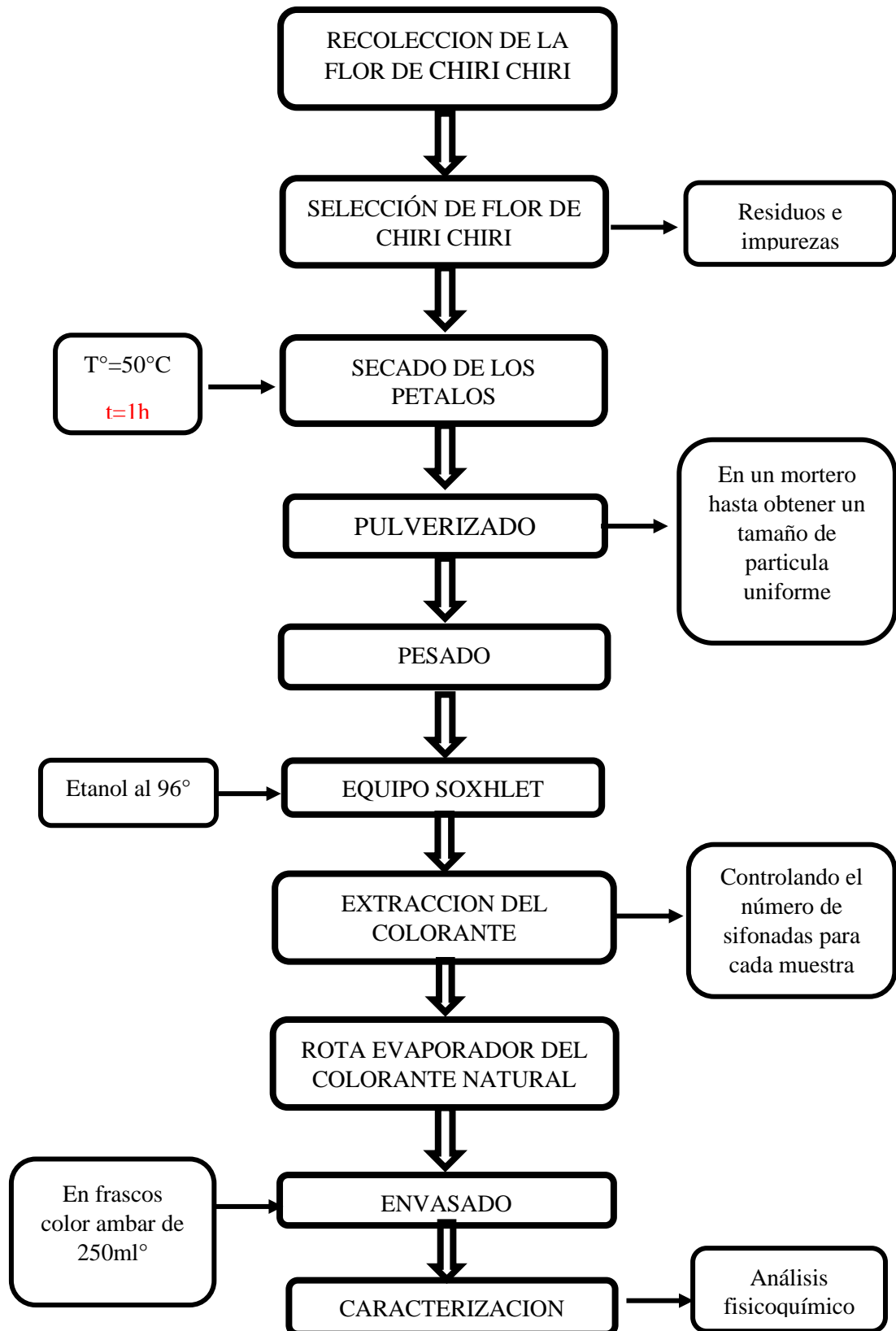


Figura 12: Diagrama de bloques del proceso de extracción del colorante natural de la flor de Chiri Chiri (*Grindelia boliviana Rusby*).





### **3.4.1. Selección y acondicionamiento de materia prima para la extracción del colorante.**

#### **Recolección de la muestra**

Las flores frescas se lograron recolectar en el mercado Unión y Dignidad de la ciudad de Puno, los cuales provienen de la comunidad de Ichu, situada a 12 Km. al sur de la ciudad de Puno sobre la carretera panamericana sur. se requirió 3 kg, de la cual solo se utilizó 1.5 Kg. de la flor de Chiri Chiri (*Grindelia boliviana Rusby*).

Se seleccionó las plantas que se encontraban en buen estado, apartándolas de las plantas ya marchitas, en este caso solo utilizamos flores frescas.

#### **Secado de la muestra.**

Luego de haber seleccionado los pétalos frescos, se llevó a la estufa para su secado, a una Temperatura de 50° aproximadamente por un tiempo de 1 hora aproximadamente.

#### **Molienda y pesado de la muestra.**

Luego de haber secado las muestras se procesó a moler en el mortero y pesar las muestras respectivas. Se pulverizo hasta tener un tamaño de partícula muy fino.

Se pesó 10g para 11 muestras, luego se envolvió en papel filtro y se colocó dentro del equipo soxhlet.

### **3.4.2. Proceso de extracción en el equipo soxhlet.**

Se colocó la muestra en el equipo soxhlet con una relación de líquido-sólido que corresponde de 150 ml de solvente para 10g de muestra y de 200ml de solvente para 10g de muestra, realizando pruebas de 2 a 4 horas de sifonadas, según corresponda.



### **Extracción del colorante:**

Cuando el disolvente se condensa, cae gota a gota en el depósito interior, donde se encuentra el sólido sobre el que se realizó la extracción. El disolvente caliente contacta con el sólido y empieza a producirse la transferencia de masa hacia el líquido. El disolvente condensado se acumula en el receptáculo interior del extractor y, cuando el nivel alcanza el de la válvula interior, el líquido es succionado y devuelto al matraz inferior, lo que se conoce como sifonada.

### **Envasado**

El colorante de Chiri Chiri (*Grindelia boliviana Rusby*), se envasa en un frasco ámbar, para así evitar su biodegradación.

### **3.4.3. Rota evaporador**

Luego de obtener el colorante se llevó al rota vapor, colocando la muestra al balón del equipo para concentrar mejor el colorante de Chiri Chiri (*Grindelia boliviana Rusby*), en algunos casos se llevó a la estufa para la evaporación del solvente residual.

### **3.4.4. Análisis espectrofotométrico.**

#### **Determinación de los máximos de absorbancia del colorante por Espectroscopia Ultravioleta Visible.**

Este análisis se realizó en el Laboratorio de control de calidad de la Facultad de Ingeniería Química UNA Puno.

#### **Procedimiento.**

1. Retirar la celda con el blanco que se encuentra ubicada en el frente del compartimiento y se sustituye con el extracto colorante.
2. Realizar el barrido del espectro y se obtendrá el valor de longitud de onda correspondiente.



Este procedimiento se realizó con 11 pruebas.

En el espectrofotómetro UV/VIS (UNICO / SQ2802E) del laboratorio de control de calidad de la Facultad de Ingeniería Química está considerada en un rango de 185,0 nm a 1 100 nm.

Para las 11 muestras se trabajó en un rango de longitud de onda de 539 a 666 nm, obteniendo la mejor absorbancia de 0.786 nm

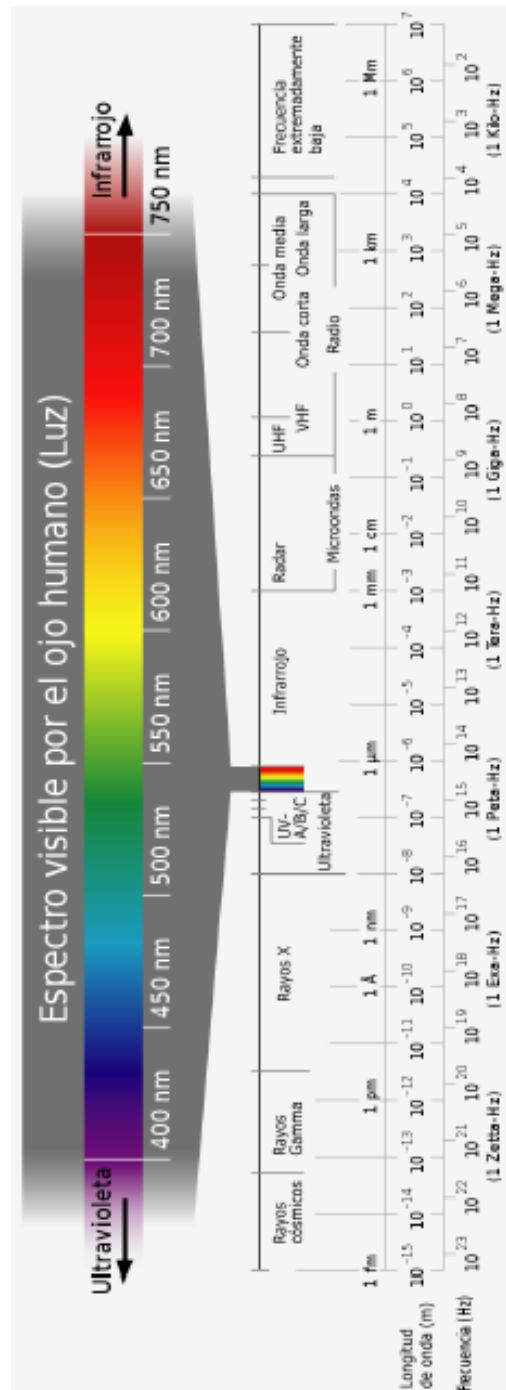


Figura 13: Rangos de la longitud de onda

FUENTE: Nieves (2013)

### 3.5. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA

Las características fisicoquímicas del colorante de la flor de Chiri Chiri (*Grindelia boliviana Rusby*), se determinó en el laboratorio de control de calidad de la Facultad de ingeniería química.



Para el análisis se determinó el potencial de hidrogeno(pH) la densidad, índice de refracción y viscosidad.

Las condiciones del análisis fueron:

- Determinación del potencial de hidrogeno: Potenciómetro
- Determinación de la densidad: Densímetro
- Determinación del índice de refracción: Refractómetro
- Determinación de la viscosidad: Viscosímetro

### 3.6. DISEÑO FACTORIAL DE EXPERIMENTOS (DETERMINACIÓN

#### NÚMERO DE PRUEBAS)

Para la determinación de la muestra o número de experimentos, en un diseño factorial completa se tomará en cuenta tres factores con dos niveles para lo cual se da la siguiente ecuación:

$$N = 2^k$$

Siendo:

N = Número total de experimentos

k = Número de variables

Tabla 6. Niveles máximos y mínimos.

VARIABLES	FACTOR	UNIDAD	NIVEL(-) INFERIOR	NIVEL(+) SUPERIOR
$X_1$	Relación liquido- solido	ml/g	15	20
$X_2$	Numero de sifonadas	t	2	4
$X_3$	Volumen de la cantidad de solvente.	ml	150	200

FUENTE: (Gutierrez & Salazar, 2008)

#### Matriz de diseño



Determinaremos con lo anterior el número de pruebas experimentales que vamos a realizar (combinando los valores máximo y mínimo de tres factores establecidos). Para un diseño  $2^3$  se tiene 8 pruebas experimentales. Además de acuerdo al principio de adición de Puntos Centrales (que proporciona protección contra el efecto curvatura y permite una estimación independiente del error que ha de obtenerse) (Miranda, 1998), se adiciona a la matriz 3 puntos centrales, vale decir la pruebas 9, 10 y 11 de la matriz. Así se tiene las siguientes combinaciones en la tabla 7.

Tabla 7. Matriz de diseño factorial  $2^3=8$ .

N° DE PRUEBA	DISEÑO	COMBINACION DE NIVELES		
		$X_1$	$X_2$	$X_3$
1	[1]	15	2	150
2	A	20	2	150
3	B	15	4	150
4	Ab	20	4	150
5	C	15	2	200
6	Ac	20	2	200
7	Bc	15	4	200
8	Abc	20	4	200
9	Abcd	17.5	3	175
10	Abcd	17.5	3	175
11	acbd	17.5	3	175

FUENTE: (Gutierrez & Salazar, 2008)

### 3.7. DETERMINACIÓN DE LA CINÉTICA

#### Cinética química

Para determinar la cinética química en el proceso de extracción de la flor de chiri chiri (*Grindelia boliviana Rusby*), se trabajó con la longitud de onda que mejor absorbancia presento, en las pruebas anteriores (ver tabla 13) que es 666 nm y una absorbancia de 0.786, ya que a partir de estos resultados el colorante presento mejor concentración y coloración.

A partir de los experimentos realizados en la tabla anterior se realizó corridas cada media hora con 10g de muestra y 150 ml de solvente los cuales se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 8: Datos obtenidos en la lectura de la absorbancia a 666 nm

Tiempo (min)	Absorbancia
30	0.068
60	0.154
90	0.245
120	0.461
150	0.673

#### Según la ley de Lambert y Beer

$$A = \varepsilon b c$$

$$\text{Despejamos para hallar la concentracion: } c = \frac{A}{\varepsilon b}$$

Datos:

$$A_1 = 0.068$$

$$b = 1.000 \text{ cm}$$

Según el libro de Análisis Instrumental de (Rubinson & Rubinson, 2001), y según el artículo científico de (Marulanda, Hanela, Gomez, & Candal, 2016) se



encontró que la absorptividad molar ( $\epsilon$ )  $500 \text{ nm}=20000 \text{ M}^{-1} * \text{cm}^{-1}$ , por lo tanto tenemos:

$$\epsilon_{666\text{nm}}=26640 \text{ M}^{-1} * \text{cm}^{-1}.$$

Reemplazando en la absorbancia 1:

$$c = \frac{0.068}{1 \text{ cm} * (26640 \text{ M}^{-1} * \text{cm}^{-1})}$$

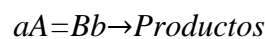
$$c = 2.552 * 10^{-6} \text{ mol/L}^{-1}$$

Tabla 9: Datos obtenidos a partir de la ley de Lambert y Beer

Tiempo (min)	C(mol L <sup>-1</sup> )
30	$2.552 * 10^{-6}$
60	$5.7807 * 10^{-6}$
90	$9.1969 * 10^{-6}$
120	$1.730480 * 10^{-5}$
150	$2.526276 * 10^{-5}$

**Cinética química del colorante de la flor de chiri chiri: (*Grindelia boliviana Rusby*).**

Sabemos que:



$$V = -\frac{1}{a} \frac{[A]}{dt} = \left( \frac{1}{b} \frac{[B]}{dt} \right) \implies \text{Trabajaremos con el producto y no con el}$$

reactante; que en este caso vendría a ser el colorante que se obtuvo a partir de la extracción sólido-líquido, de la flor de chiri chiri. (*Grindelia boliviana Rusby*).





## METODO DE INTEGRACION

Ecuación cinética de orden cero:

$$\frac{d[B]}{dt} = k$$

$$\frac{dC_B}{dt} = k$$

$$\int_{C_{B_0}}^{C_B} dC_B = k dt$$

$$C_B - C_{B_0} = k$$

$$\underbrace{C_B}_{y} = \underbrace{C_{B_0} + kt}_{b \pm mx}$$

Ecuación cinética de primer orden:

$$\frac{d[B]}{dt} = kC_B$$

$$\int_{C_{B_0}}^{C_B} \frac{dC_B}{C_{B_0}} = k \int_0^t dt$$

$$\ln \frac{C_B}{C_{B_0}} = kt$$

$$C_B = C_{B_0} e^{+kt}$$

$$\ln C_B = \ln C_{B_0} + kt$$

$$y = b \pm mx$$

Ecuación cinética de segundo orden:



$$\frac{d[B]}{dt} = kC_B^2$$

$$\int_{C_{B_0}}^{C_B} \frac{dC_B}{C_{B_0}} = k \int_0^t dt$$

$$\int_{C_{B_0}}^{C_B} C_{B_0}^{-2} dC_B = kt$$

$$\frac{1}{C_B} - \frac{1}{C_{B_0}} = kt$$

$$\frac{1}{C_B} = \frac{1}{C_{B_0}} + kt$$

$$y = b \pm mx$$

### 3.8. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL DE TEÑIDO

#### Lavado y mordentado

La fibra de ovino previamente seleccionada libre de suciedad e impurezas presentes, fue sometida al lavado a una temperatura de 50°C con detergente, así estar preparada para que el colorante se fije mejor a la fibra. El mordentado se efectuó en tres medios, con hidróxido de sodio de 0.15ml (para el medio básico), cal con 0.5 g (para el medio neutro) y ácido cítrico con 0.15 ml (para el medio ácido); con el cual se obtienen colores claros, no altera el color del extracto de la planta en el teñido.

#### Teñido de la fibra de ovino

El teñido de fibra de ovino con colorante natural consiste en impregnar la fibra en soluciones como es el hidróxido de sodio (para el medio básico), cal (para el medio neutro) y ácido cítrico (para el medio ácido), para luego tratarlos con los extractos tintóreos. Una vez mordentada la fibra se procede al teñido por agotamiento, se coloca la fibra de ovino en el vaso precipitado junto con la cantidad de extracto tintóreo que en este caso usaremos 40ml para 3g de colorante y obtener la tonalidad deseada.



Para la fase de fijación se trabajó con una Temperatura de 40 °C durante 15 min, para la fase de agotamiento: se fijó el teñido a una Temperatura de 60 °C durante 15 min aproximadamente.

### **Enjuagues finales y secado**

Terminado el teñido se procede a realizar solo dos enjuagues a (40°C/5min.), con la finalidad de eliminar el exceso de colorante no fijado a la fibra. Posteriormente secar bajo sombra para que no pierda sus cualidades orgánicas por ser colorante natural.

### Diagrama de flujo del teñido de fibra de ovino

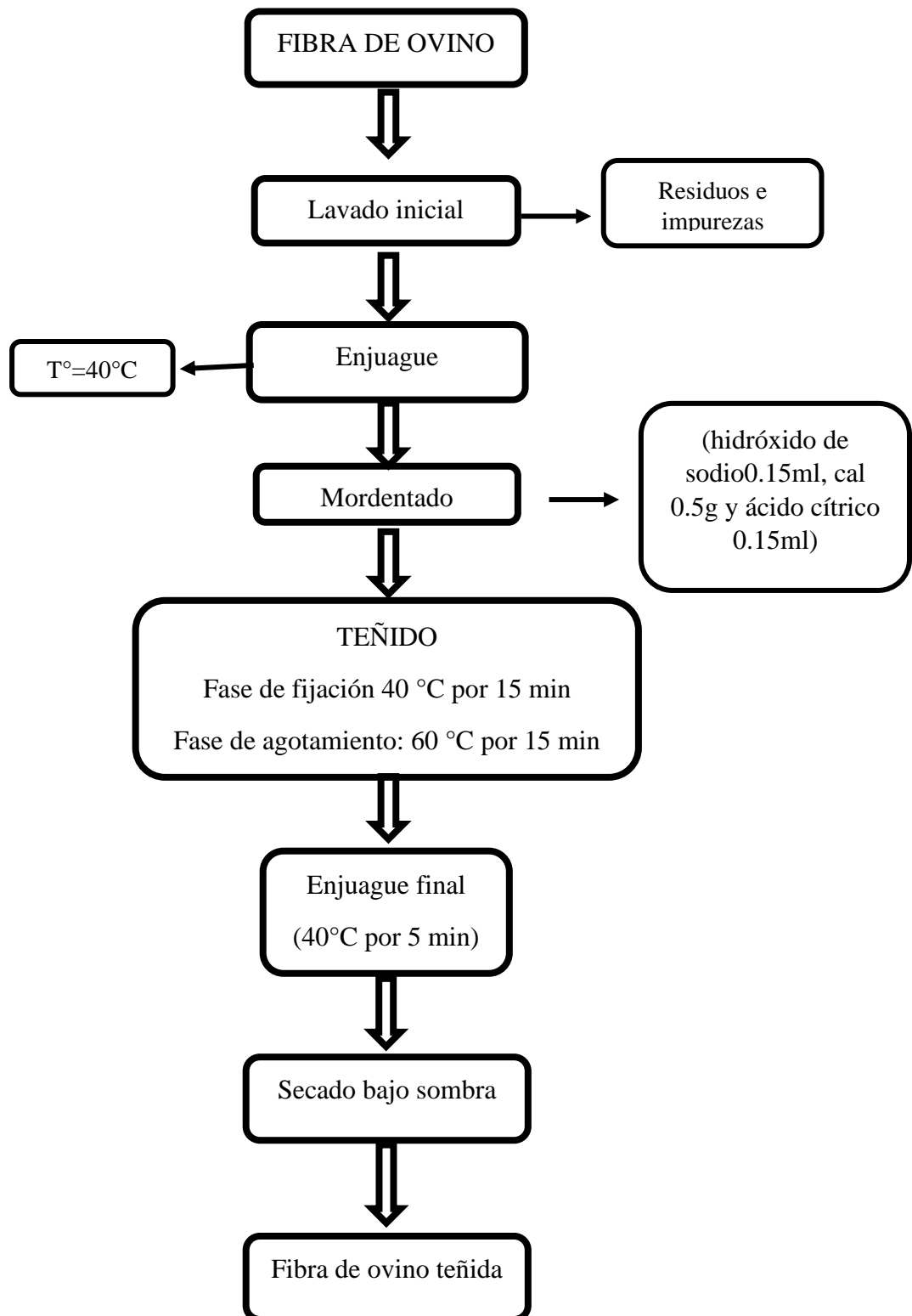


Figura 14: Diagrama de bloques del proceso de teñido de lana con el colorante natural de la flor de Chiri Chiri (*Grindelia boliviana Rusby*).

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS FÍSICO QUÍMICAS.

El colorante de Chiri Chiri (*Grindelia boliviana Rusby*), presenta las siguientes características organolépticas, las cuales deben almacenarse en frascos de vidrio color ámbar para así evitar su degradación química.

Tabla 10. Características organolépticas del colorante de Chiri Chiri (*Grindelia boliviana Rusby*).

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Aspecto	Líquido Homogéneo
Color	Amarillo
Olor	Característico

Según la tabla se obtuvo un colorante de color amarillo a diferencia de **Laura, G. (2018)**, que obtuvo un colorante amarillo oscuro de la extracción de colorante de flores de misiq'o, esto se debe a las diferentes propiedades químicas que tienen ambos colorantes.

Tabla 11. Potencial de hidrogeno, densidad e índice de refracción.

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	UNIDAD	RESULTADOS	MÉTODOS
Potencial de hidrogeno	pH	5.30	Potenciómetro
Densidad	g/ml	0.83	Densímetro
Índice de refracción		21.00	Refractómetro

FUENTE: Laboratorio Control de Calidad-UNAP



En la tabla se observa el potencial de hidrogeno, densidad e índice de refracción, que se obtuvo en el proceso: 5.30, 0.83, 21, respectivamente; Según Illa, Y. M. (2019).en su trabajo obtuvo una densidad de 1,017 g/ml y un índice de refracción de 16,5 , lo que indica que se encuentra en un rango optimo con una diferencia mínima, debido al solvente utilizado

Tabla 12. Resultados de viscosidad.

<b>Viscosidad</b>	<b>Veloc.</b>	<b>% Par</b>	<b>Esf.Cortante</b>	<b>G.Velocidad</b>
0.78	8.18	0.08	0.08	10.01
0.21	29.99	0.07	0.08	36.68
1.24	51.79	1.02	0.78	63.34
1.48	73.60	1.73	1.33	90.01
1.61	95.42	2.42	1.88	116.70
1.80	117.17	3.25	2.58	143.30
1.75	139.00	3.77	2.97	170.00
1.79	160.83	4.51	3.52	196.70
1.93	182.58	5.49	4.30	223.30
1.97	204.42	6.35	4.93	250.00

FUENTE: Laboratorio Control de Calidad-UNAP

De la tabla podemos interpretar que el colorante presenta una viscosidad que varía de 0.78 a 1.97, con estos datos podríamos decir que pertenece a un fluido pseudoplastico y su gradiente de velocidad varia de 10.01 a 250.00.

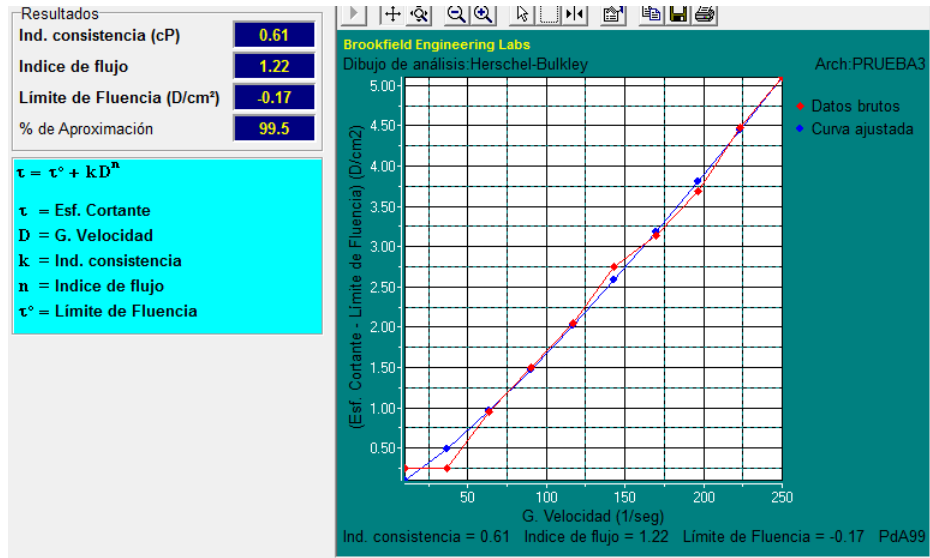


Figura 15: CP v/s Gradiente de Velocidad.

FUENTE: Laboratorio Control de Calidad-UNAP

Del gráfico interpretamos que el colorante presenta un índice de consistencia de 0.61, con un índice de flujo de 1.22.

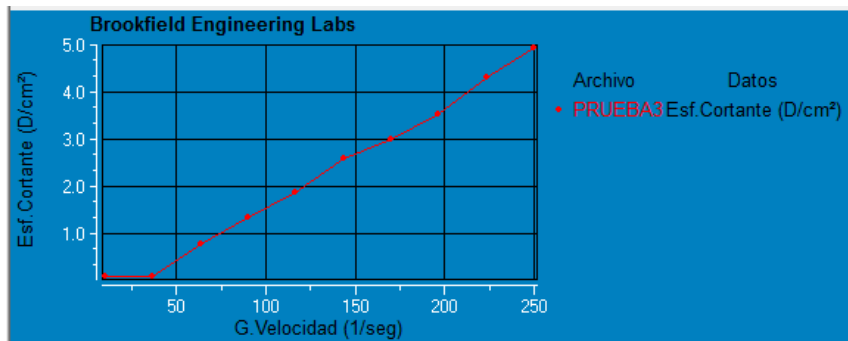


Figura 16: CP v/s Gradiente de Velocidad.

FUENTE: Laboratorio Control de Calidad-UNAP.

## 4.2. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA LECTURA DE ABSORBANCIA

Tabla 13. Datos obtenidos de la lectura de absorbancia.

N° de prueba	Relación Liq - Sol	Tiempo Numero de Sifonadas	Volumen de solvente	Absorbancia Obtenida
1	15	2	150	0.61
2	20	2	150	0.57
3	15	4	150	0.786
4	20	4	150	0.71
5	15	2	200	0.48
6	20	2	200	0.595
7	15	4	200	0.615
8	20	4	200	0.61
9	17.5	3	175	0.675
10	17.5	3	175	0.68
11	17.5	3	175	0.44

La tabla muestra las corridas experimentales para el diseño factorial donde se tiene 8 pruebas experimentales y 3 puntos centrales (pruebas 9,10 y 11), realizando lectura de la absorbancia a una longitud de onda de 539 a 666 nm teniendo el concepto de mayor absorbancia de 666 nm con mayor rendimiento de colorante absorbancia obtenida de 0.786; en cambio (Ramos, 2020) en su trabajo para la obtención de colorante de la beterraga realizo la lectura de la absorbancia a una longitud de onda de 966 nm teniendo, absorbancia obtenida 0.975; dentro del rango de 900 nm - 1 100 nm. Del cual vemos una pequeña diferencia debido a la coloración que se obtiene en el rango de longitud de onda.

Según Abril Díaz, y otros, 2017. En espectrofotometría de absorbancia se utilizan las regiones del ultravioleta (UV cercano, de 195-400 nm) y el visible (400-780 nm).



### 4.3. RESULTADOS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL.

#### Análisis de varianza

Tabla 14. Análisis de Varianza para Absorbancia - Extracción de colorantes.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:L/S	0.0000045	1	0.0000045	0.00	0.9585
B:No sifonada	0.0271445	1	0.0271445	18.51	0.0126
C:Extractante	0.017672	1	0.017672	12.05	0.0256
AB	0.003042	1	0.003042	2.07	0.2232
AC	0.0063845	1	0.0063845	4.35	0.1052
BC	0.0034445	1	0.0034445	2.35	0.2002
Error total	0.00586618	4	0.00146655		
Total (corr.)	0.0635582	10			

R-cuadrada = 90.7704 porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 76.9259 porciento

Error estándar del est. = 0.0382955

Error absoluto medio = 0.0170579

Estadístico Durbin-Watson = 1.37466 (P=0.0885)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0.22845

#### El StatAdvisor

La tabla 14, ANOVA particiona la variabilidad de Absorbancia en partes separadas para cada uno de los efectos. entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 2 efectos tienen una valor-P menor que



0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 90.7704% de la variabilidad en Absorbancia. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 76.9259%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0.0382955. El error medio absoluto (MAE) de 0.0170579 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-P es mayor que 5.0%, no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5.0%. De acuerdo a los resultados de ANOVA las variables significativas son el número de sifonada y extractante con nivel de confianza de 98.74 y 97.44% respectivamente.

#### MODELO MATEMÁTICO

Tabla 15. Coeficientes de regresión para Absorbancia - Extracción de colorantes.

<b>Coeficiente</b>	<b>Estimado</b>
constante	1.33223
A:L/S	-0.056
B:No sifonada	0.34
C:Extractante	-0.0073
AB	-0.0078
AC	0.000452
BC	-0.00083

La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{Absorbancia} = 1.33223 - 0.056 * \text{L/S} + 0.34 * \text{No sifonada} - 0.0073 * \text{Extractante} - 0.0078 * \text{L/S} * \text{No sifonada} + 0.000452 * \text{L/S} * \text{Extractante} - 0.00083 * \text{No sifonada} * \text{Extractante}$$

En donde los valores de las variables están especificados en sus unidades originales.

## OPTIMIZACIÓN DE RESPUESTA

### Optimizar Respuesta

Meta: maximizar Absorbancia

Valor óptimo = 0.808227

Tabla 16. Valores óptimos.

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
L/S	15.0	20.0	15.0
No sifonada	2.0	4.0	4.0
Extractante	150.0	200.0	150.0

La tabla 16, muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza absorbancia sobre la región indicada. Las variables óptimas determinadas son: L/S es 15, número de sifonada 4 y volumen de extractarte 150 mL. El valor optimizado de absorbancia corresponde a 0.8082.

### DIAGRAMA DE PARETO

Diagrama de Pareto Estandarizada para Absorbancia

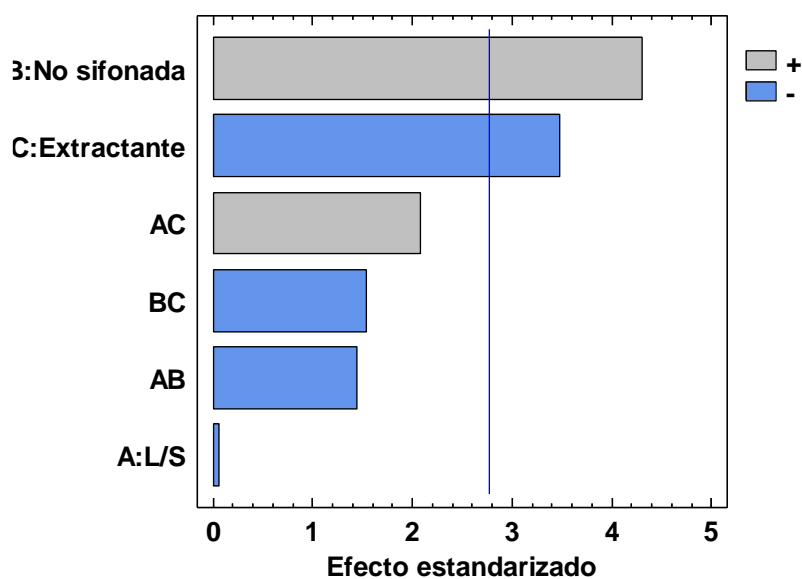


Figura 17: Diagrama de Pareto estandarizado.

La figura 20, muestra que la variable más significativa es el número de sifonada, seguido de volumen extractante. La relación L/S indica que no es significativo estadísticamente, las interacciones AC y BC son significativos.

### Efectos principales

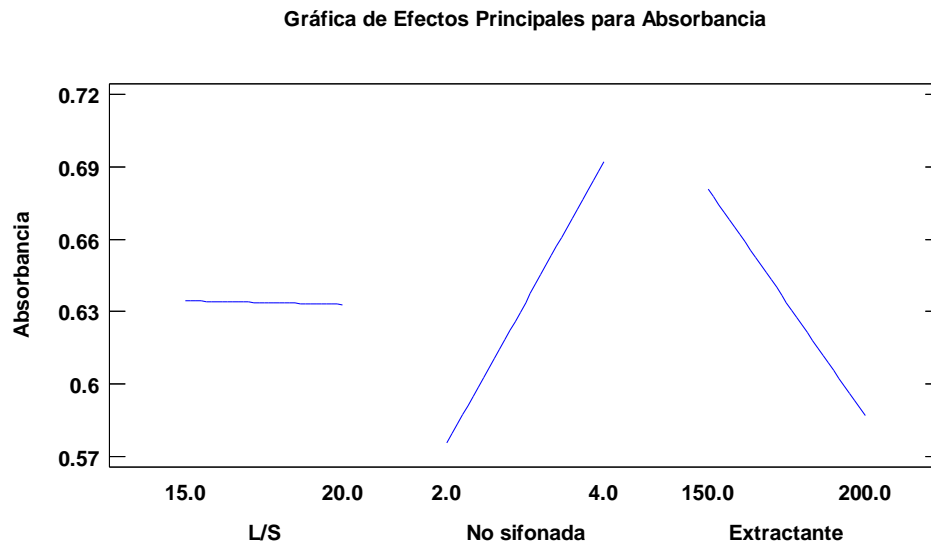


Figura 18: Efectos principales de variables de estudio.

La figura 21, representa los efectos principales. La variable relación L/S es constante, el número de sifonadas es directamente proporcional es decir cuando aumenta el número de sifonadas también incrementa la absorbancia y el volumen extractante es inversamente proporcional cuando el volumen de extractante aumenta y la absorbancia disminuye.

## SUPERFICIE DE RESPUESTA

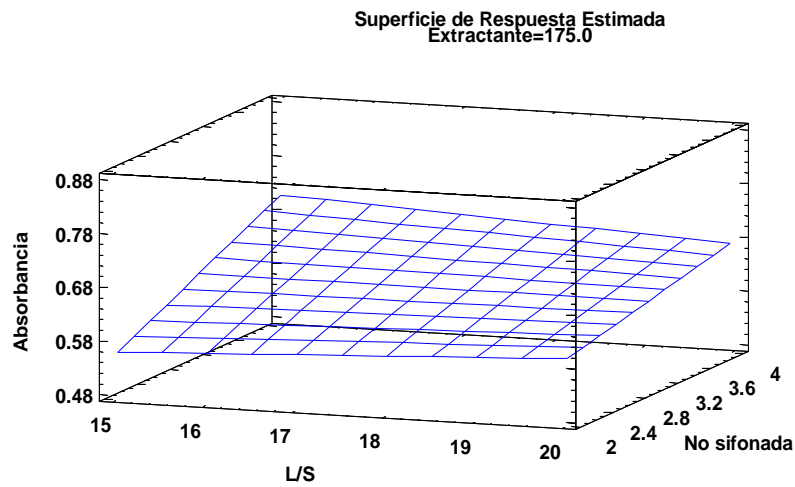


Figura 19: Superficie de respuesta.

La figura 22, nos indica que para volumen de extractante constante. La absorbancia es aproximadamente 0.80 en función de variables relación L/S (15) y número de sifonadas (4).

### 4.4. RESULTADOS DE LA CINÉTICA

Para determinar la cinética química del colorante de la flor de chiri chiri (*Grindelia boliviana Rusby*), trabajaremos con las ecuaciones de orden cero, orden uno, orden dos para determinar el orden de reacción y la constante de velocidad del colorante

#### GRAFICAS DE ORDEN DE REACCION:

Para el orden cero usaremos la siguiente ecuación:

$$C_B = C_{B_0} + kt$$

$$y = b \pm mx$$

Tabla 17. Cinética de orden cero con respecto al tiempo(min) versus Concentración (mol/L<sup>-1</sup>)

Tiempo (min)	C <sub>B</sub> (mol/L <sup>-1</sup> )
30	2.552E-06
60	5.7807E-06
90	9.1967E-06
120	1.7305E-05
150	2.5263E-05

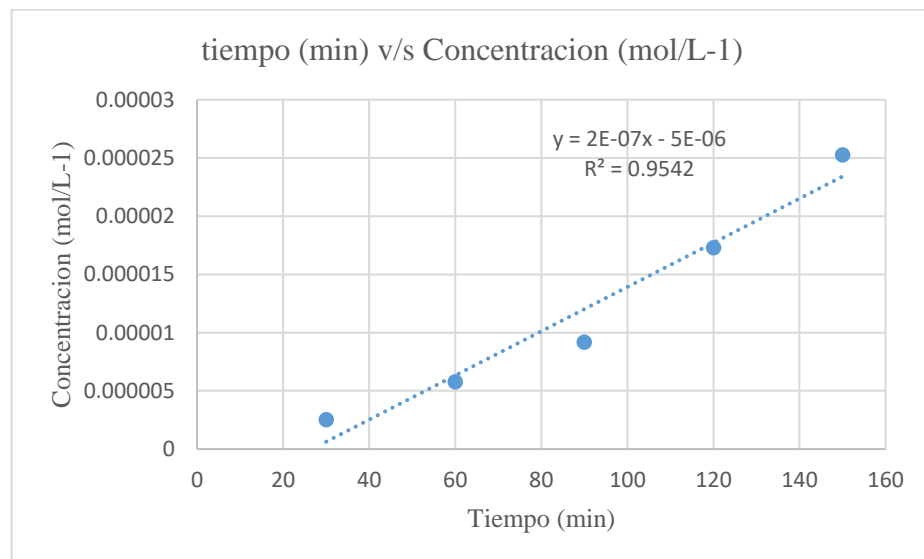


Figura 20: Cinética de orden cero con respecto al tiempo (min) vs Concentración(mol/L<sup>-1</sup>)

De la figura 23, se tiene un  $R^2 = 0.9542$ , hallamos la pendiente  $m = 2 \cdot 10^{-7}$ , que vendría a ser nuestra constante  $k$ :

Por lo que podemos decir que  $k = 2 \cdot 10^{-7} \text{ M/seg}$

**Para la cinética de orden uno** usaremos la siguiente ecuación:

$$\ln C_B = \ln C_{B_0} + kt$$

$$y = b \pm mx$$

Tabla 18: Cinética de orden uno con respecto al tiempo (min) versus  $\ln C_B$

Tiempo (min)	$C(\text{mol/L}^{-1})$	$\ln C_B$
30	2.552E-06	-12.8786332
60	5.7807E-06	-12.0609858
90	9.1967E-06	-11.5966669
120	1.7305E-05	-10.9645266
150	2.5263E-05	-10.5861792

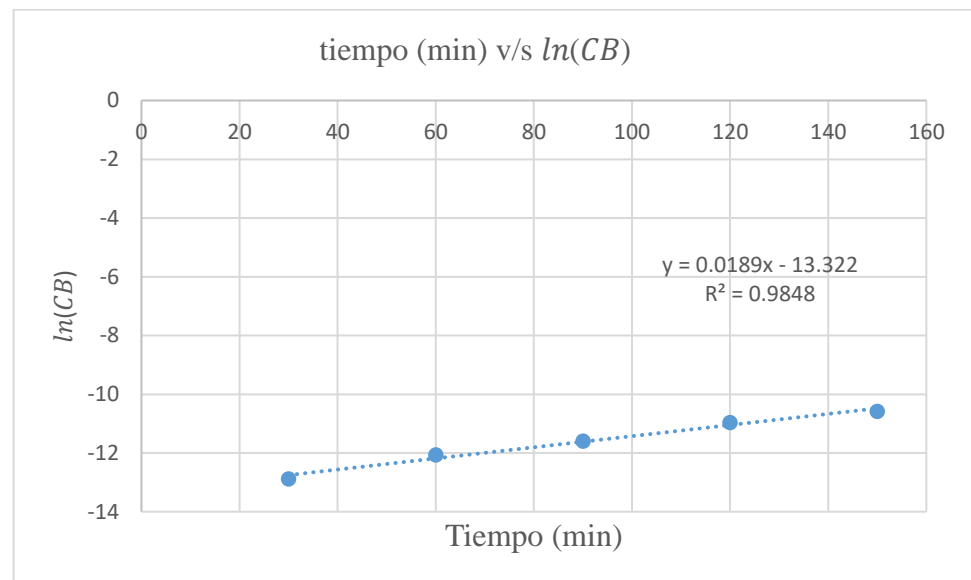


Figura 21: Cinética de orden uno con respecto al tiempo (min) vs  $\ln C_B$

De la figura 24, se tiene un  $R^2 = 0.9848$ , hallamos la pendiente  $m = 0.0189$ , que vendría a ser nuestra constante  $k$ :

Por lo tanto, decimos que  $k = 0.0189 \text{ seg}^{-1}$

**Para la cinética de segundo orden** usaremos la siguiente ecuación:

$$n=2 \quad \frac{1}{c_B} = \frac{1}{c_{B_0}} + kt$$

Tabla 19: Cinética de orden dos con respecto al tiempo (min) vs  $\frac{1}{C_B}$

Tiempo (min)	C(mol/L <sup>-1</sup> )	$\frac{1}{C_B}$
30	2.552E-06	391849.53
60	5.7807E-06	172989.43
90	9.1967E-06	108734.773
120	1.7305E-05	57787.4347
150	2.5263E-05	39583.9568

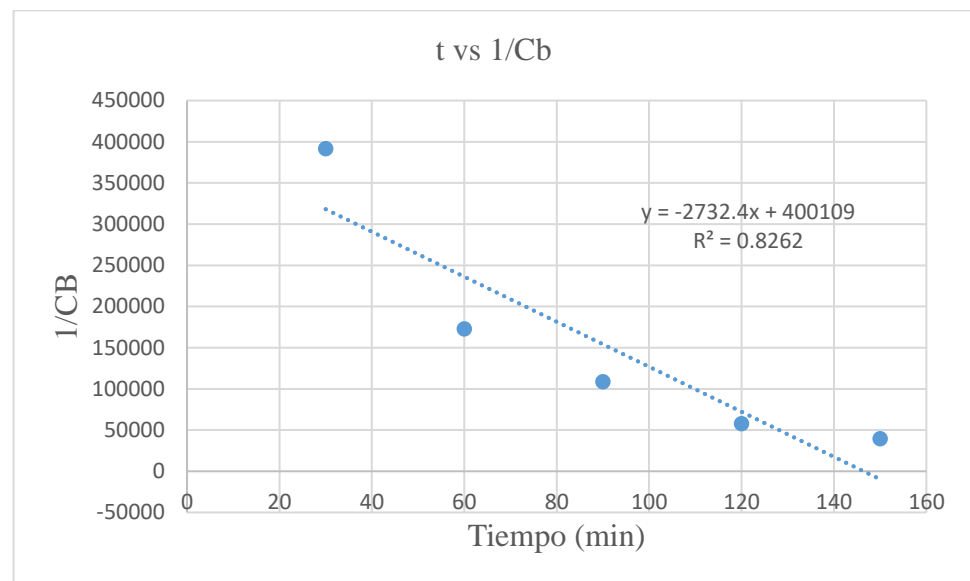


Figura 22: Cinética de orden dos con respecto al tiempo (min) vs  $\frac{1}{C_B}$

De la figura 24, se tiene un  $R^2 = 0.8262$ , hallamos la pendiente  $m = -2732.4$ , que vendría a ser nuestra constante  $k$ :

Por lo tanto, decimos que  $k = -2732.4$  M/seg

De los gráficos podemos concluir que la cinética química de la flor de chiri chiri (*Grindelia boliviana Rusby*), pertenece a una reacción de orden uno ya que se tiene una regresión lineal de  $R^2 = 0.9848$ , el cual es muy cercano a una recta con una pendiente de;  $m = 0.0189$

Y según la ecuación de orden uno:  $\ln C_B = \ln C_{B_0} + kt$





Por lo tanto, obtenemos  $n=1$  y  $k=0.0189 \text{ seg}^{-1}$

(Santiago, 2018), En su trabajo para la determinación de la ley de rapidez de la reacción de oxidación de vitamina C con ferrocianuro de potasio. Los datos de concentración y tiempo se analizaron aplicando el método integral, la pendiente de 1020.3 resultó una línea recta, el coeficiente de correlación obtenido del análisis de regresión lineal resultó de 0.9993.

Moreno Balsa, J. L., & Silva Valerio, E. L. (2018), concluyo que el orden de extracción de la cinética de extracción de antocianinas de la coronta del maíz morado en condiciones óptimas resultó de orden uno y una constante de velocidad de  $k = -0.0511031 \left(\frac{g}{ml}\right)^{-0,0376} s^{-1}$ .

Por lo que podemos decir que el método que utilizamos es factible para hallar el orden de reacción y la constante de velocidad en la obtención del colorante de la flor de Chiri Chiri (*Grindelia boliviana Rusby*).

#### 4.5. RESULTADOS DE METODOLOGÍA DE TEÑIDO

Se realizó una curva para medir la intensidad en diferentes pH, el cual pasa por dos etapas importantes la primera es la etapa de fijación del colorante a la fibra que se realiza en la etapa de calentamiento hasta la temperatura cercana al punto de ebullición (40°C); y luego la etapa de agotamiento que se realiza a una temperatura constante (60°C) hasta que se transfiera todo el colorante hacia la fibra durante (15min).

Tabla 20. Datos utilizados para teñido de fibra de ovino.

<b>TEMPERATURA</b>	<b>40-50-60</b>
Potencial de hidrógeno en medio ácido (pH)	1-3-5
Potencial de hidrógeno en medio neutro (pH)	7
Potencial de hidrógeno en medio alcalino (pH)	9-11-13
Tiempo de teñido (min)	15
Fibra de ovino (m)	3

Según, (Soto, 2017) en su trabajo sobre la evaluación de tiempo de ebullición en la intensidad de color y solidez a la luz del teñido de lana de ovino determino que el teñido de lana más estable corresponden a las muestra de la corteza (floema) de ayrampo a tiempo de ebullición de 40 minutos, el de 60 minutos es un poco menos estable, mientras que el teñido de lana con el tallo (xilema) de ayrampo a 40 y 60 minutos son menos estables. Se halló que el uso de la corteza (floema) de ayrampo y un tiempo de ebullición de 40 minutos en el teñido de lana de ovino es el que proporciona un producto de óptima calidad. Por lo que podemos decir que el tiempo de fijación y agotamiento para el teñido de lana fue óptimo.

Tabla 21. Valores para determinar la intensidad-pH de teñido.

<b>Intensidad</b>		
Baja	Media	Alta
0-2	2-4	4-6
<b>pH</b>		
Acido	Neutro	Básico
2.65	7.07	9.63

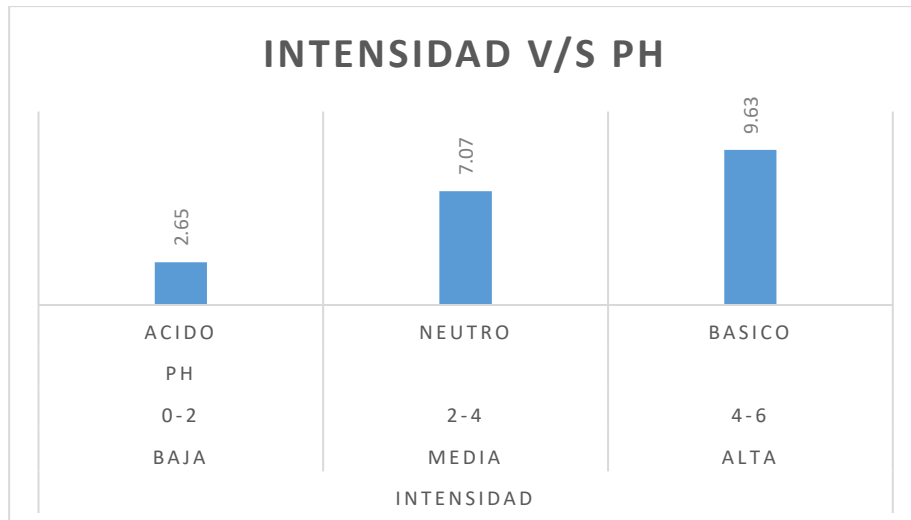


Figura 23: Intensidad v/s pH

Según el gráfico podemos concluir que en medio ácido el color de la lana es amarillo en medio neutro se observó un amarillo más intenso además de que es más resistente al sol y en el medio básico, pudimos observar la lana de un color anaranjado más tenue; según (Laura, 2018) quien concluyo también que la fijación del color en las pruebas de teñido la temperatura es importante para una perfecta penetración en la fibra de ovino y a diferentes pH muestra resultados de dos colores como en medio ácido amarillo que es resistente a la luz solar y me medio básico anaranjado que es poco resistente a la luz solar.



## V. CONCLUSIONES

Para determinar la cinética química del colorante se utilizó el método de integración, obteniendo lo más cercano a una recta la reacción de orden uno con una regresión lineal de  $R^2= 0.9848$ , y una constante de velocidad de,  $k=0.0189 \text{ seg}^{-1}$ .

Se extrajo el colorante de la flor de chiri chiri (*Grindelia boliviana Rusby*), mediante la técnica de extracción Solido-Líquido con el equipo Soxhlet Para lo cual se utilizó muestras de 10 g para 11 pruebas con un solvente de etanol de 150 ml y 200 ml y de 2 a 4 horas de sifonadas, posteriormente se hizo corridas en el espectrofotómetro. UV/VIS (UNICO / SQ2802E) en un rango de longitud de onda de 539 a 666 nm, obteniendo la mejor absorbancia de 0.786 nm.

El colorante de Chiri Chiri (*Grindelia boliviana Rusby*), presenta propiedades fisicoquímicas tales como potencial de hidrogeno de 5.30, densidad 0.83g/ml , índice de refracción con 21.00, una viscosidad que varía de 0.78 a 1.97 , gradiente de velocidad que varía de 10.01 a 250.00 (1/seg), índice de consistencia de 0.61 y un índice de flujo de 1.22. Los resultados se obtuvieron en los laboratorios de control de calidad de la FIQ.

La fijación del color en las pruebas de teñido de la fibra de lana de ovino se realizó a diferente pH, en lo que se utilizó como mordientes al hidróxido de sodio de 0.15ml (pH=2.65), cal con 0.5 g (pH=7.07) y ácido cítrico con 0.15 ml (pH=9.23); Para la Fase de fijación se trabajó con una Temperatura de 40 °C durante 15 min, para la Fase de agotamiento se fijó el teñido con una Temperatura de 60 °C durante unos 15 min aproximadamente, terminado el teñido se realizó dos enjuagues a (40°C/5min.), con la finalidad de eliminar el exceso de colorante no fijado a la fibra, para esto concluimos que en medio neutro se observó un amarillo más intenso además de que es más resistente al sol.



## VI. RECOMENDACIONES

- En la extracción de colorante a partir de las flores de Chiri Chiri (*Grindelia boliviana Rusby*), se sugiere realizar el secado a temperaturas menores ya que a altas temperaturas puede alterar su composición o propiedades de las flores.
- Se sugiere pulverizar bien las flores antes de la extracción en el equipo soxhlet para obtener un buen rendimiento al momento de la extracción del colorante.
- Según las soluciones presentadas, se recomienda seguir investigando desarrollando nuevos sistemas que hagan uso de compuestos naturales, para poder disminuir la contaminación en el medio ambiente ya sea aire, agua o suelo.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ancco, T., & Zamata, N. (2004). *Separatas del curso de Tecnología Agroindustrial*. Puno.
- Avery, H. E. (1977). *Cinética química básica y mecanismos de reacción*. Reverté.
- Carvallo, M. (2000). *Colorante naturales derivados de la cochinilla (Dactilopius coccus Costa) y su comercio mundial*. Chile: Facultad de ciencias Agrarias y Forestales.
- Choqueza, A. (2001). *Investigación Experimental de la Obención del Pigmento Clorofila a partir de la Ortiga (Urtica urens)*.
- Dos Santos, M., & Maier, M. (2008). *La química y color en los textiles*. Buenos Aires.
- Fernandez, W., & Saavedra, D. (2019). *Obtencion y caracterizacion de colorante natural apartir de la bacharis salicifolia (chilca blanca) para uso textil*. Lambayeque-Peru.
- Galarza, C. (2013). *Oobtencion de un colorante a partir de las flores de ataco o sangorache (Amaranthus sp.)*. Uuniversidad Tecnica de Ambato, Ecuador.
- Gutierrez, H., & Salazar, R. (2008). *Analisis y diseño de exerimentos* (segunda edicion ed.). Mexico: McGraw-Hill Interamericana.
- Harris, G. M. (1973). *Cinetica Quimica* (segunda ed.). Reverte S.A.
- Hatta, B., & Ramos, C. (2000). *Guía de Prácticas de Tecnología de Alimentos*. Lima:.
- Horsfall, R. S., & Lawrie, L. G. (1976). *Tintura de las Fibras Textiles*. (Imprenta Claraso, Ed.) Barcelona, España.



- Illa, Y. M. (2019). *Cinetica y caracterizacion disicoquimica de la extraccion de aceite de la copra de coco (Cocos nucifera L.) con dos solventes organicos.*
- Laura, G. (2018). *Extraccion y caracterizacion de flavonoides a partir de las flores de Misiq'ó (Bidens andicola).* Universidad Nacional del Altiplano-Puno, Peru.
- Lock, O. (1997). *Colorantes Naturles.* Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima. Perú.: Fondo editorial.
- Loja, M. J. (2019). "*Determinación de la cinética de fermentación láctica de hojas frescas de col (Brassica.*
- Málaga, & Gomes. (2011). *Evaluación del equipo extractor-teñidor tipo autoclave presurizada, con colorantes naturales en el teñido defibra de alpaca. Puno.*
- Marfart, P., & Béliard, E. (1994). "*Ingeniería Industrial Alimentaria. Técnicas de Separación*" (Vol. Volumen II). Zaragoza-España: Acribia S. A.
- Marin, S., & Mejia, C. (2012). *Extraccion de colorante a partir de lasflores de jamaica.* Universidad Nacional de Ingenieria, Nicaragua.
- Marulanda, A., Hanela, S., Gomez, C., & Candal, R. (2016). *Experiencias en la cuantificación de ozono disuelto en agua mediante colorimetria con indigo.* Buenos Aires.
- McMurry, J. (2008). *Química Orgánica.* México D.F.: Cengage Learning.
- Medrano, C. (2010). *Plan estratégico para Hatun Wasi S.R.L.,* Universidad del Pacífico, Lima Perú.
- Moreno, J., & Silva, E. (2018). *Cinética del proceso de extracción de antocianinas de la coronta del maíz morado en medio acuoso.* Universidad Nacional del Callao.



- Nina. (2018). *Obtención y caracterización del colorante natural a partir de inflorescencia de colli (buddleja coriacea) para su aplicación en teñido de fibra de alpaca*. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO, PERU.
- Nina, M., & Chara, G. (2019). *Evaluación del Efecto Antiinflamatorio Tópico del Extracto y Gel de las Hojas de Grindelia Glutinosa (Chiri-Chiri) en Animales de Experimentación*. UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA, Peru.
- Octave, L. (1986). *Ingeniería de las Reacciones Químicas*. Reverte S.A.
- Ojeda, G. (2012). *teñido de fibra de abaca (textil musa) utilizando colorante extraído de la cochinilla (Dactylopius Coccus)*. Universidad de Loja., Ecuador.
- Osorio, N. (2011). *Extracción de un Colorante Natural a partir de los Desechos de la Corteza de Myroxylon Balsamum (Balsamo de el Salvador)*. San Salvador.
- Pearson. (1958). *“Mechanisms of Inorganic Reactions”*. New York.
- Prado, T., & Huanca, Y. (2019). *Determinación de fenoles totales y capacidad antioxidante de dos extractos de Grindelia boliviana rusby (chiri chiri) y Mentha spicata L. (hierba buena)*,. Arequipa.
- Ramirez, J. (2002). *Fundamentals de la Reologia de Alimentos*. Cali, Colombia: Recitala.
- Ramos, B. (2020). *Obtención de colorante natural a partir de la remolacha forrajera (beta vulgaris l. ssp. vulgaris var crassa) para teñido de fibra de ovino”*. Puno.
- Rice, E., Baird, R., & Eaton, A. (1998). *Standard Methods for examination of Water and wastewater*. (20°, Ed.)
- ROSAS, V. R. (2015). *Cinética de extracción del aceite esencial del kjento kjento (Rumex Crispus L.)*.





- Rubinson, K. A., & Rubinson, J. F. (2001). *Analisis Instrumental*.
- Santiago, E. (2018). *Cinetica quimica, determinacion dela ley de rapidez de la reaccion de oxidacion de vitamina C con Ferricianuro de Potacio*. Mexico.
- Santivañez, R., & Cabrera, J. (2013). *Catalogofloristico de plantas medicinales peruanas*.
- Sherman, R. (1996). *Analytical Instrumentation* (primera ed.). USA:: The Instrumentation, Systems, and Automation Society.
- Sienko, M., & Plane, R. (1993). *.Química. Principios y aplicaciones*. Mexico: McGraw-Hill. .
- Smith, J. M. (1991). *Ingenieria de la Cinetica Quimica* (sexta ed.). McGRAW-HILL book Company.
- Soto, S. (2017). *Evaluacion del tiempo de ebullicion en la intensidad de color y solidez a la luz del teñido de lana de ovino (ovis aries) con ayrampo (berberis sp)*. Acobamba-Huancavelica.
- Tacuri, R. (2008). *Control de calidad del teñido de fibra de alpaca con el colorante natural presente en la queñua (polylepisincana H. B. K. ), en comparación con el colorante químico Lanaset Brow B*. Puno.
- Terrones, E. (2018). *“Extracción de flavonoides de la cebolla roja (allium cepa l.) en un equipo soxhlet con mezcla de solventes etanol – agua”*. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, PERU.
- Toledo, J. (2015). *Estudio del arte de los colorantes naturales*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA, PERU.



- Trujillo, S., & Lopez, W. (2010). *Obtencion de colorantes naturales a partir de cascara allium cepa (cebolla blanca y morada) y raiz de beta vulgaris (remolacha) para su aplicacion en la industria textil*. El Salvador.
- Umaña, M. (2016). *Cinética de extracción y caracterización de pectinas de los subproductos de naranja mediante asistencia acustica*.
- Usca, G., & Linares, & P. (2012). *Etnobotanica y fitoquímica de plantas tintoreas en las comunidades de Rumira, Chaullacocha y Chupani: Provincia de Urubamba -Cusco. Cusco*.
- Vargas, F. (2019). *Estudio farmacobotanico, histoquimico y evaluacion genotoxica de grindelia sp. "chirichiri" asteraceae del Valle del Cusco*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Peru.
- Vázquez, B. (2014). *Extracción y uso potencial de las antocianinas del bagazo de café (Coffea arábica sp.) como colorantes en bebidas*. Buenavista, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México.
- Vericad, J. (1973). *Clinetica Quimica*.
- Zapata, L. (2014). *Obtención de extracto de antocianinas a partir de arándanos para ser utilizado como antioxidante y colorante en la industria alimentaria*.  
Valencia, España: Tesis Ph.D.

## ANEXOS

### ANEXO A: PROCESO DE ELABORACION DEL COLORANTE NATURAL DE LA FLOR DE CHIRI CHIRI (*Grindelia boliviana Rusby*).



Figura A.1. Selección de materia prima



Figura A.2. Reducción de tamaño



Figura A.3. Pesado



Figura A.4. Secado



Figura A.5. Pulverizado



Figura A.6. Pesado

## ANEXO B: MÉTODO DE EXTRACCIÓN EQUIPO SOXHLET

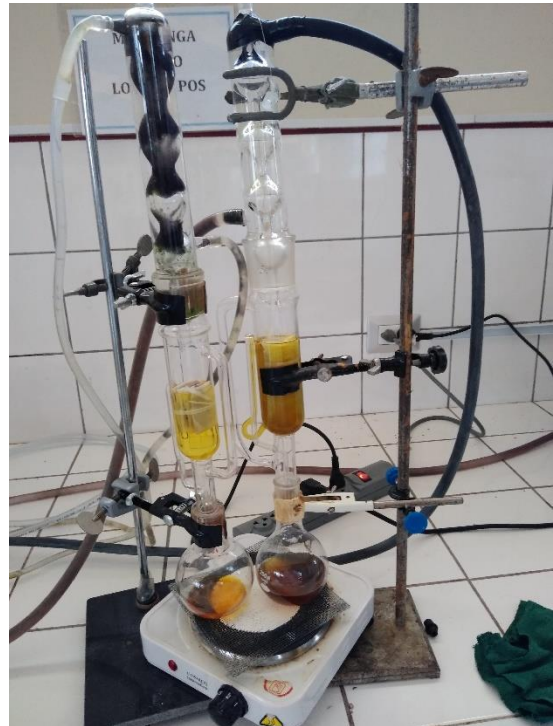
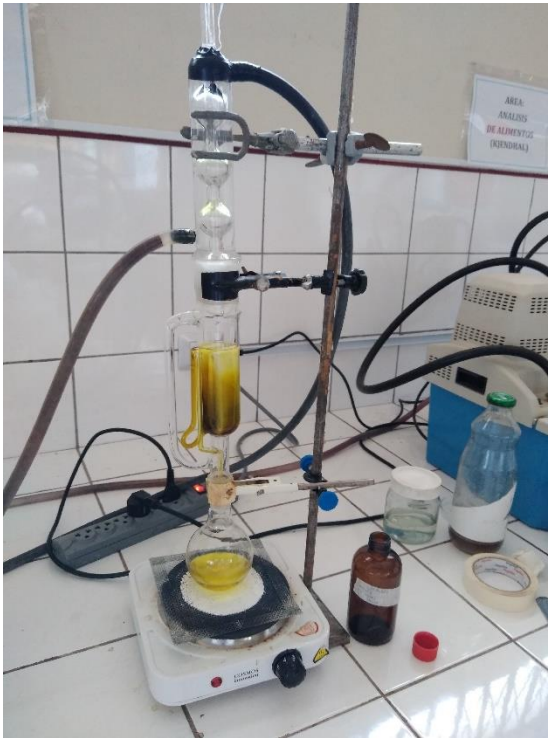


Figura B.1. Equipo Soxhlet



Figura B.2. Proceso de extracción



Figura B.3. Envasado

## ANEXO C: CONCENTRACION DEL COLORANTE EN EL ROTAVAPOR



Figura C.1. Equipo RotaVapor



Figura C.2. Concentración del colorante



## ANEXO D: MEDIDA DE LONGITUD DE ONDA EN EL ESPECTROFOTÓMETRO

### 20802 UV/VIS PARA HALLARLA CINÉTICA DEL COLORANTE



Figura D.1. : Lectura del colorante



Figura D.2.: Longitud de onda máxima del colorante.

## ANEXO E: COLORES DE ESPECTRO UV-VISIBLE

	<i>Amarillo fluorescente</i>	<i>Lima-limón</i>	<i>Amarillo puro o brillante</i>	<i>Amarillo estándar</i>	<i>Amarillo tráfico</i>
Longitud de onda <sup>8</sup>	563 nm	571 nm	579-580 nm	586 nm	591 nm

Figura E.1. Colores espectrales de luz visible del amarillo

	<i>Amarillo tráfico</i>	<i>Anaranjado</i>	<i>Anaranjado oscuro</i>	<i>Anaranjado</i>
Longitud de onda <sup>8</sup>	591 nm	606 nm	613 nm	631 nm

Figura E.2. Colores espectrales de luz visible del anaranjado

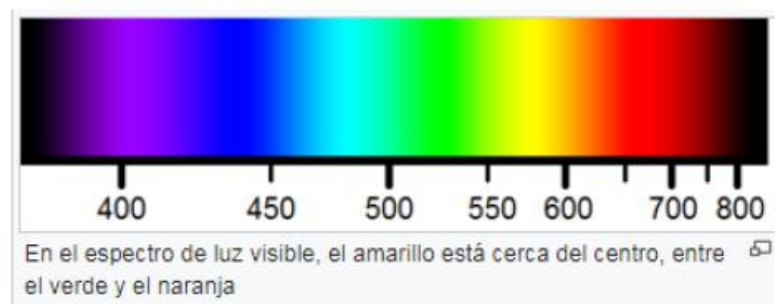


Figura E.3. Longitud de onda del espectro de luz visible

**ANEXO F:** Máximos de absorbancia del colorante por espectroscopia ultravioleta visible del espectrofotómetro UV/VIS (UNICO / SQ2802E),

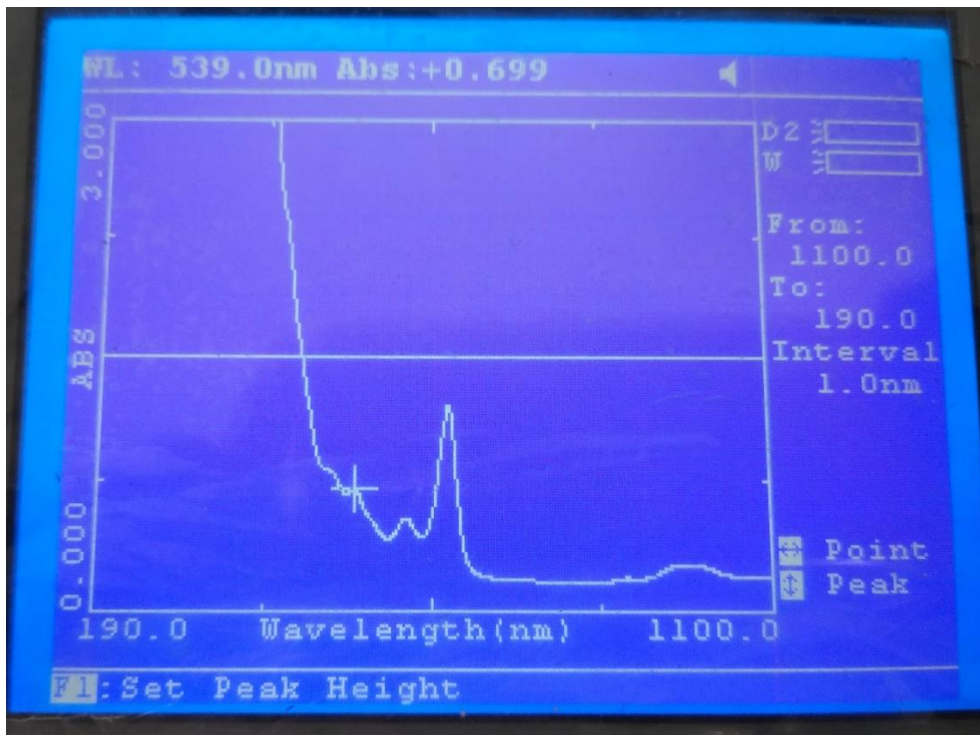


Figura F.1.: Muestra N°01

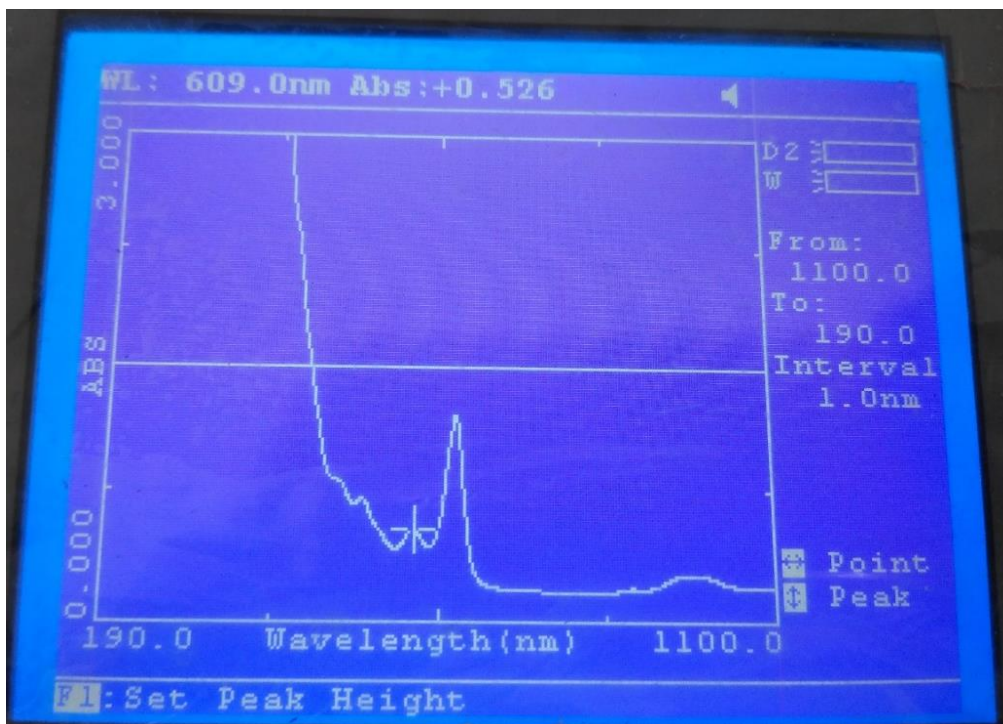


Figura F.2.: Muestra N°01-Puntos de absorbancia

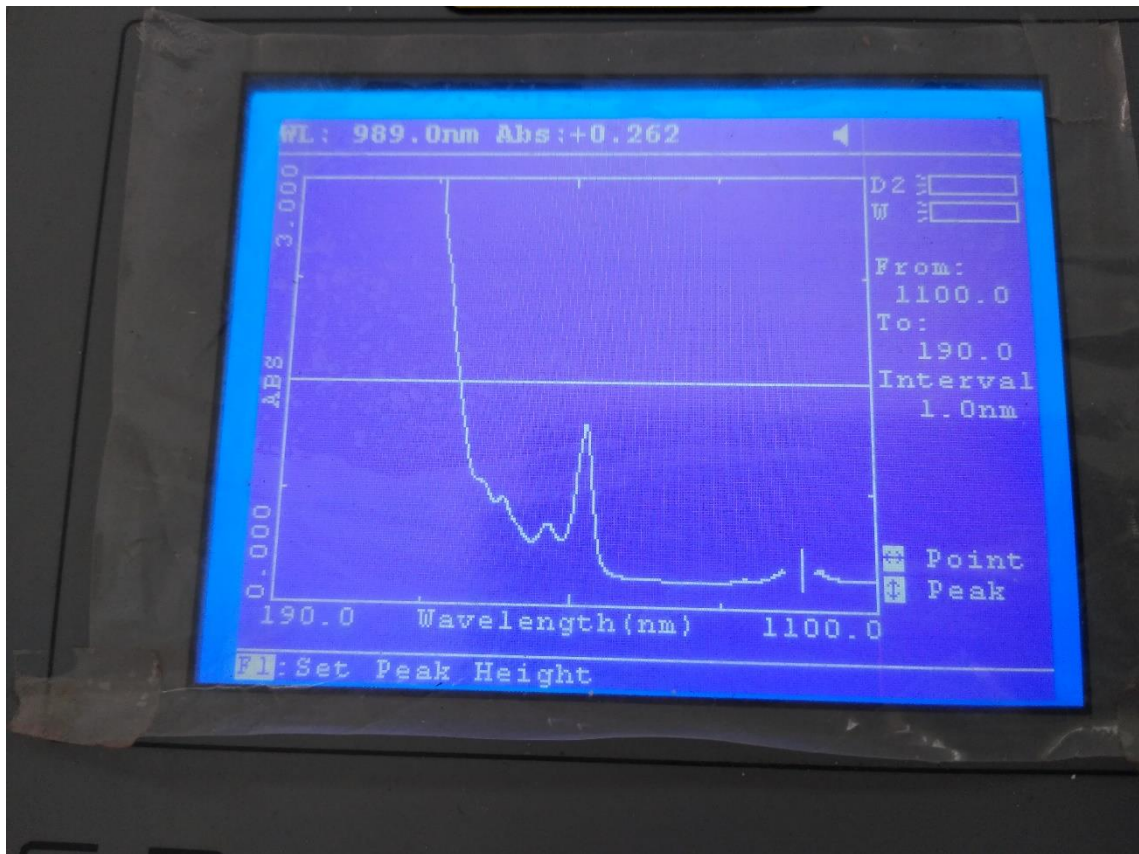


Figura F.3.: Muestra N°01-Puntos de absorbancia

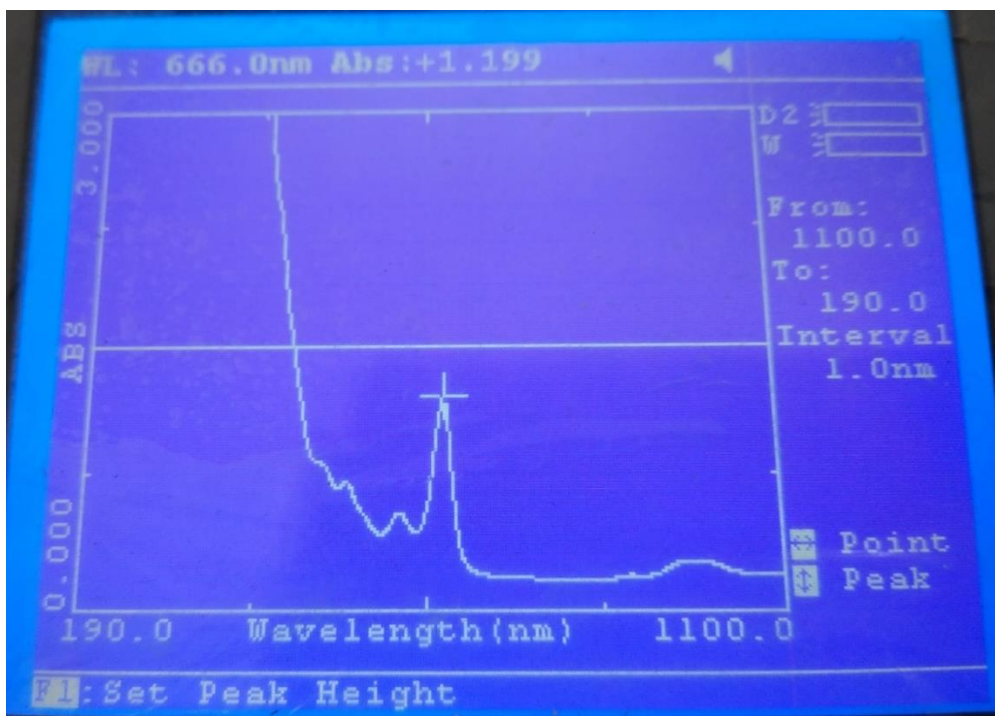


Figura F.3. Muestra N°01-Máximos de absorbancia

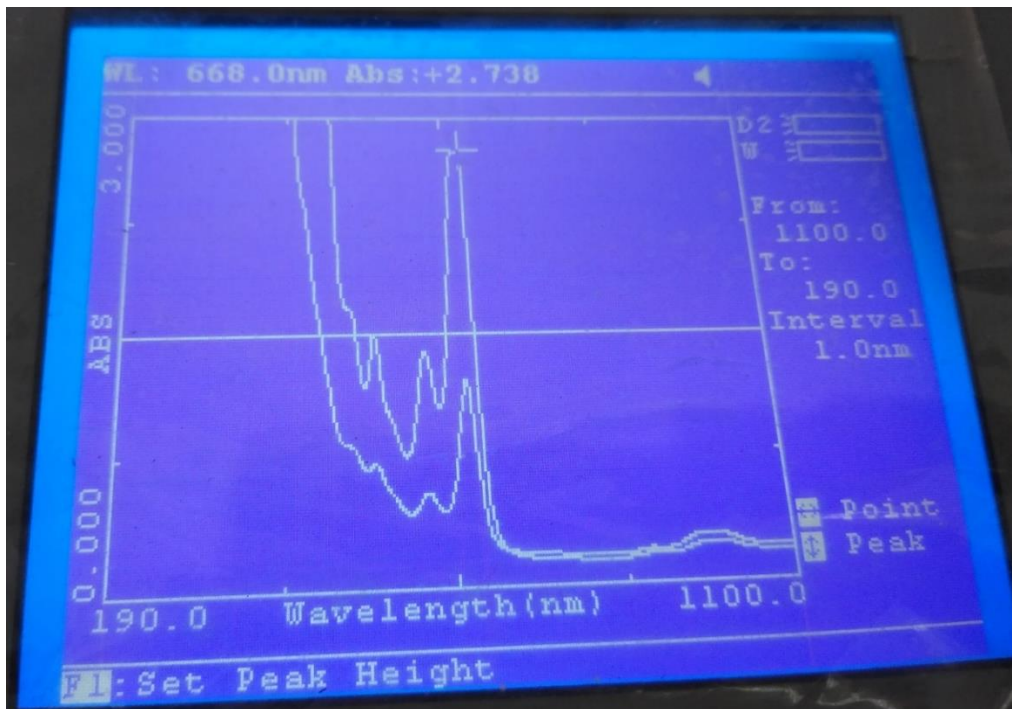


Figura F.4.: Muestra N°02-Puntos Maximo de absorbancia

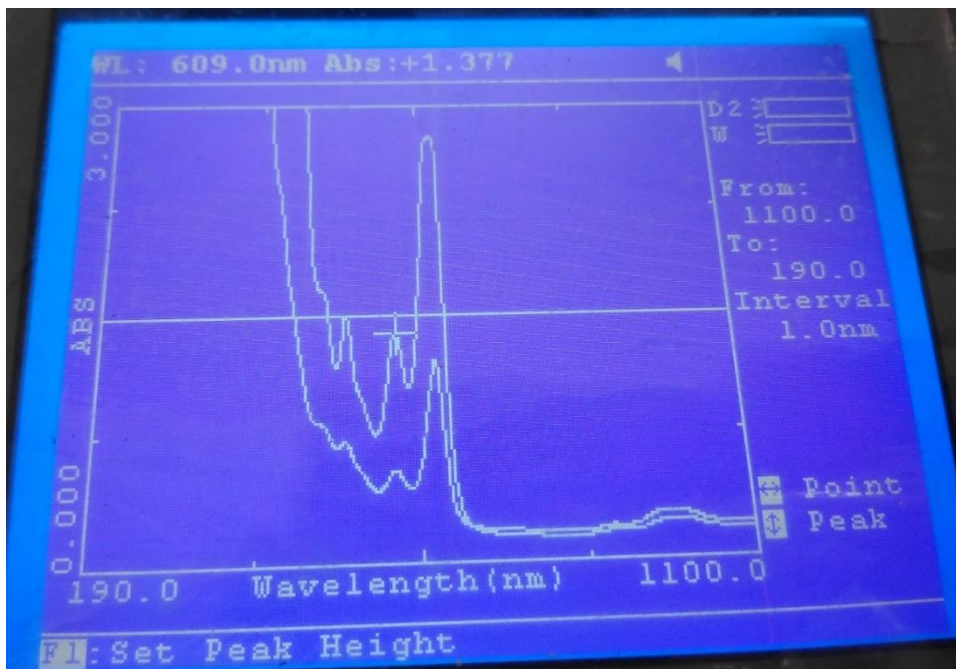


Figura F.5.: Muestra N°02-Puntos Maximo de absorbancia

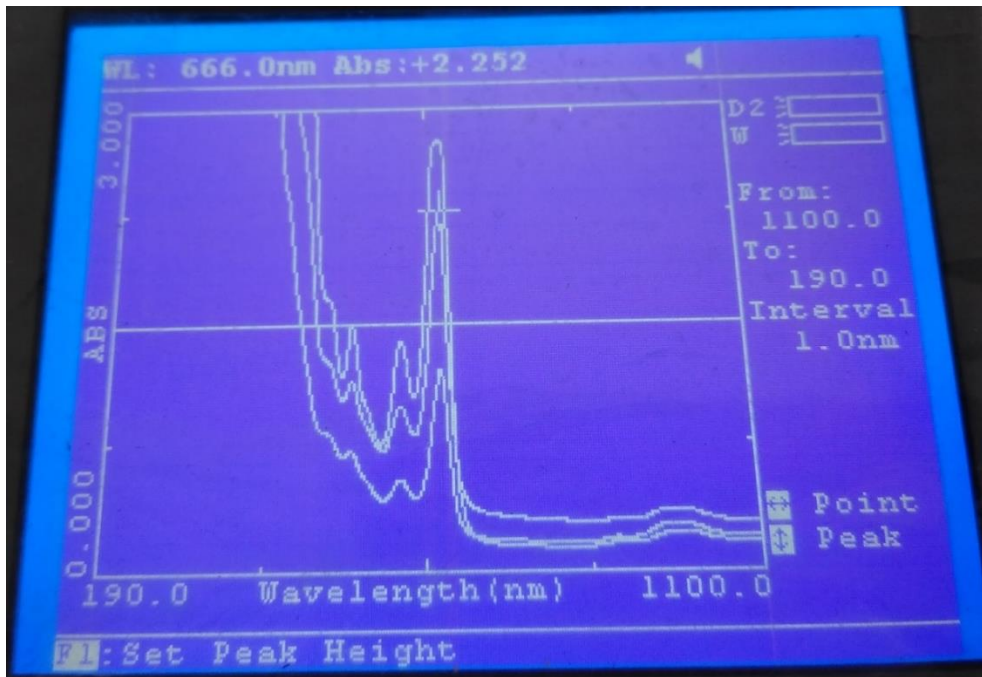


Figura F.6.: Muestra N°03

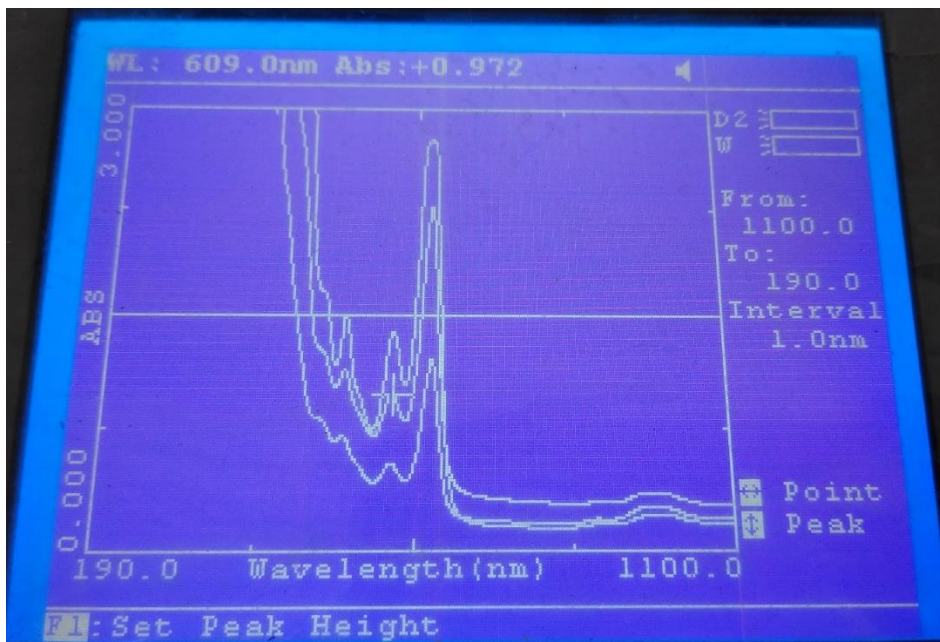


Figura F.7.: Muestra N°03- Puntos Maximo de absorbancia

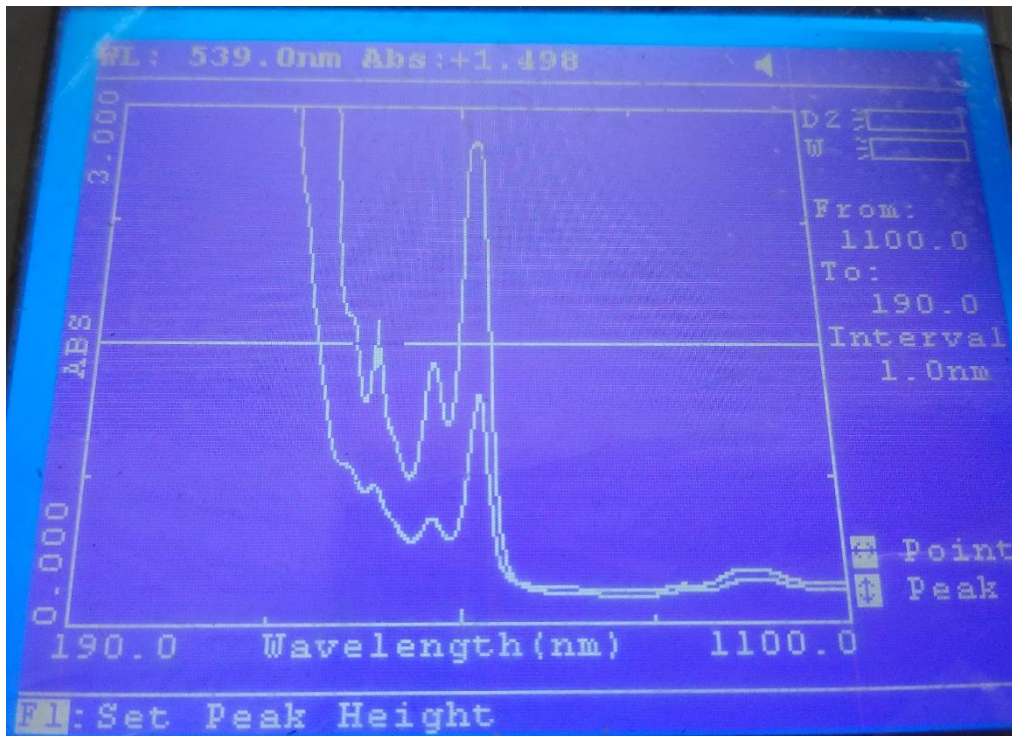


Figura F.8.:Puntos de absorbancia



Figura F.9.: Muestra N°03- Puntos Maximo de absorbancia

## ANEXO G: PREPARACIÓN DE AGENTES MORDIENTES



Figura G.1.: Preparación a diferente pH



Figura G.2.: Proceso de teñido de la lana





Figura G.3.: Proceso de teñido de la lana



Figura G.4.: secado de teñido de la lana

## ANEXO H: IMÁGENES DE LA INTENSIDAD DE COLOR EN LA LANA



Figura H.1.: Intensidad de color en las lanas-Día 5



Figura H.2.: Intensidad de color en las lanas-Día 8



## ANEXO I: CERTIFICADO DE ANÁLISIS



**Universidad Nacional del Altiplano - Puno**  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
FACULTAD ACREDITADA  
**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**



Nº 001330

LQ - 2021

# Certificado de Análisis

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico de EXTRACTO DE CHIRI-CHIRI  
**PROCEDENCIA** : MERCADO UNIÓN Y DIGNIDAD, DISTRITO DE PUNO  
**INTERESADO** : MELANIA GUITERREZ QUENTA  
**MOTIVO** : ANALISIS DE EXTRACTO DE CHIRI-CHIRI  
**MUESTREO** : 08/11/2021, por el interesado  
**ANÁLISIS** : 08/11/2021

### CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

PARAMETROS FÍSICO QUÍMICOS	UNIDAD	RESULTADOS	MÉTODOS
1.- Potencial de Hidrogeno	pH	5.30	Potenciómetro
2.- Densidad	g/ml	0.83	Densímetro
3.- Índice de refracción	Brix %	21.00	Refractómetro

Viscosidad	Veloc.	% Par	Esf.Cortante	G.Velocidad	Temperatura
0.78	8.18	0.08	0.08	10.01	575.00
0.21	29.99	0.07	0.08	36.68	575.00
1.24	51.79	1.02	0.78	63.34	575.00
1.48	73.60	1.73	1.33	90.01	575.00
1.61	95.42	2.42	1.88	116.70	575.00
1.80	117.17	3.25	2.58	143.30	575.00
1.75	139.00	3.77	2.97	170.00	575.00
1.79	160.83	4.51	3.52	196.70	575.00
1.93	182.58	5.49	4.30	223.30	575.00
1.97	204.42	6.35	4.93	250.00	575.00

Puno, C.U. 17 de noviembre del 2021.

VºBº

ING. LUZ MARINA TEVES PONCE  
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
SQ - UNA - CP - 132042

Walther L. Aragón, Ph.D.  
DECANO - FIQ - UNA

Ciudad Universitaria Av. Floral s/n Facultad de Ing. Química - Telefax: (051) 366190



N° 002-2021-D-FIQ-UNA

## CONSTANCIA

EL QUE SUSCRIBE, DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA DE LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO.

### HACE CONSTAR:

Que, la Srta.: **MELANIA GUTIERREZ QUENTA**, Bachiller en Ingeniería Química - Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano-Puno, ha utilizado el Laboratorio de Control de Calidad, para la obtención del colorante de la flor chiri-chiri y teñido de lana, mediante el equipo Soxhlet, equipo de rotavapor y el espectrofotómetro VU-VIS, para la elaboración del Proyecto de Tesis, "DETERMINACIÓN DE LA CINÉTICA QUÍMICA DE LA EXTRACCIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO DEL COLORANTE DE CHIRI-CHIRI (GRINDELIA BOLIVIANA RUSBY) PARA EL TEÑIDO DE LANA",

Se expide la presente constancia a solicitud de la interesada para los fines que estime por conveniente.

Puno C.U., 02 de diciembre de 2021

  
D. E. A. A. A.  
Walter B. Aguilar Aragón, Ph.D.  
DECANO F.I.Q. UNA

C.c.  
Archivo '21  
WBAA/rva