

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS:

**Optimización de parámetros de extracción por lixiviación de
pigmento de la corteza de pochotaroki (*Tetragastris altissima*)**

Para optar el título profesional de:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PRESENTADO POR:
Bach. Eder VELASQUE QUISPE

ASESOR:
M.Cs. Jorge Adalberto MÁLAGA JUÁREZ

AYACUCHO - PERÚ

2025

DEDICATORIA

A Dios que pasos firmes me estrecho la mano para lograr terminar este gran sueño, y mi familia por ese gran aprecio que me tienen, especialmente a mi madre Juanita Quispe Mendoza y mi padre Raúl Velasque Romero, de los cuales me siento orgullo de la perseverancia, enseñanza y valores que me dieron.

A mis hermanos: Paul, Nayely y Lionel, quienes me apoyaron y me dieron esas fuerzas para seguir adelante y nunca rendirme ante las barreras de la vida y a mis abuelos que está en el cielo.

AGRADECIMIENTO

A Dios por una guía que me encamino en cada paso de esta hermosa carrera, al finalizar un trabajo arduo y lleno de dificultades como el desarrollo de una tesis de pregrado es inevitable que se salte un muy humano egocentrismo que te lleva a concentrar la mayor parte del mérito en el aporte que se ha hecho, en análisis objetivo te muestra inmediatamente que la magnitud de ese aporte hubiese sido imposible sin la participación de personas, que han facilitado las cosas para este trabajo un feliz término. Por ello, es para mí un verdadero placer utilizar este espacio para ser justo y consecuente con ellos, expresado los mis agradecimientos.

A mis docentes de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga especialmente a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial FIQM, que contribuyeron en mi formación profesional durante mis cinco años.

Al Ing. Jorge Adalberto MÁLAGA JUÁREZ, asesor de este trabajo de investigación, por la orientación, el seguimiento y la supervisión continua de la misma, pero sobre todo la motivación y el apoyo recibido al largo de la ejecución de este trabajo.

Al Ing. Percy Velásquez Ccosi por apoyo y aporte en el trabajo que se desarrolló durante el periodo de elaboración de mi tesis.

Al Ing. Saúl Ricardo Diestra por apoyo en el trabajo que se desarrolló durante el periodo de elaboración de mi tesis.

A mis jurados calificados por su tiempo y dedicación en la revisión de esta tesis y por su valioso reconocimiento con fines de mejorar la investigación correspondiente.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal determinar los parámetros óptimos por lixiviación para la extracción de pigmento de la corteza del árbol de Pochotaroki (*tetragastris altissima*). Inicialmente, se realizó la caracterización preliminar cualitativa de la muestra. Se confirmó la presencia de antraquinonas, los flavonoides, los carotenoides. Esta caracterización se realizó a la extracción óptima por lixiviación.

Para optimizar el proceso de extracción del pigmento en laboratorio con un diseño experimental de superficie de respuesta, que comprendió 17 tratamientos. Las variables independientes con alto potencial de extracción es: (tratamiento T4 con velocidad de agitación 650 rpm, temperatura de 75.5 °C, tiempo 30 y la relación soluto solvente de (1 / 7.50) (g/mL) y tratamiento T5 con (solvente H₂O, velocidad de agitación 800 rpm, temperatura 81 °C, tiempo 40 minutos, relación corteza solvente (1 / 1.50) peso/volumen).

La optimización de los factores se culminó con el análisis de superficie de respuesta con el modelo de segundo orden, coeficiente de determinación (R^2 0.9449), indicando el factor estudiado explican el 94,5918% de la variación en el rendimiento de extracción. Posteriormente, la caracterización de pigmentos presentes en la corteza por espectrofotometría confirmó los carotenoides ($\lambda=484\text{nm}$), flavonoides ($\lambda=267\text{nm}$) y antraquinonas ($\lambda=312\text{nm}$).

Palabra clave: Pochotaroki, lixiviación, parámetros, extracción, espectrofotometría.

ABSTRACT

The main objective of this research was to determine the optimal leaching parameters for pigment extraction from the bark of the Pochotaroki tree (*Tetragastris altissima*). Initially, a preliminary qualitative characterization of the sample was performed. The presence of anthraquinones, flavonoids, and carotenoids was confirmed. This characterization was carried out at the optimal leaching extraction stage.

To optimize the pigment extraction process in the laboratory with a response surface experimental design, which included 17 treatments. The independent variables with high extraction potential are: (T4 treatment with stirring speed 650 rpm, temperature 75.5 ° C, time 30 and the solute solvent ratio of (1 / 7.50) (g / mL) and T5 treatment with (solvent H₂O, stirring speed 800 rpm, temperature 81 ° C, time 40 minutes, solvent bark ratio (1 / 1.50) weight / volume).

The optimization of the factors was completed with response surface analysis using the second-order model, coefficient of determination (R^2 0.9449), indicating that the studied factor explains 94.5918% of the variation in extraction yield. Subsequently, the characterization of the pigments presents in the bark by spectrophotometry confirmed the carotenoids (λ = 484 nm), flavonoids (λ = 267 nm), and anthraquinones (λ = 312 nm).

Keywords: Pochotaroki, leaching, parameters, extraction, spectrophotometry.

ÍNDICE

CAPÍTULO I:	14
PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.1. Planteamiento de problemas.....	14
1.1.1. Descripción del contexto.....	14
1.1.2. Delimitación del problema.....	15
1.2. Formulación del problema.....	16
1.3. Objetivos de la investigación.....	17
1.4. Hipótesis.....	18
1.5. Justificación.....	18
1.6. Antecedentes de la investigación	19
1.7. Variables.....	21
CAPÍTULO II:	23
MARCO TEÓRICO.....	23
2.1. La corteza de Pochotaroki	23
2.1.1. Origen y distribución.....	23
2.1.2. Nombres comunes	23
2.1.3. Taxonomía	24
2.1.4. Descripción botánica	24
2.1.5. Ecología de crecimiento del árbol Pochotaroki.	24
2.2. Colorantes.....	25
2.2.1. Tipo de colorantes.	25
2.2.2. Tipos de pigmento.....	26
2.2.3. Características de pigmentos en la corteza.	27
2.2.4. Clases de Pigmento.....	29
2.2.5. Factores que afectar a la estabilidad de los colorantes	30
2.3. Espectrofotometría.....	31
2.4. Operación de lixiviación	34
2.4.1. Fundamentos de lixiviación	34

2.4.2. Extracción sólida – líquido	34
2.4.3. Componentes identificados de lixiviación	34
2.4.4. Criterios en la elección del solvente	35
2.4.5. Uso en la industria.....	36
2.4.6. Factores que influyen en la lixiviación	36
2.4.7. Componentes y diagrama de lixiviación.	38
2.5. Equipos de extracción para pigmentos.	39
2.5.1. Operación en estado no estacionario.	39
2.5.2. Operación en estado estacionario.....	41
2.6. Optimización	42
2.7. Análisis Estadístico	42
2.7.1. Método de superficie de respuesta	42
2.8. Tecnología de extracción de pigmento de corteza de Pochotaroki.....	42
2.8.1. Lixiviación con agua y agitación.	42
3. CAPÍTULO III:	44
MATERIALES Y MÉTODOS	44
3.1. Ubicación del trabajo	44
3.2. Población y muestra	44
3.3. Materiales.	45
3.3.1. Materia prima e insumos	45
3.3.2. Materiales de laboratorio.....	45
3.3.3. Equipos e instrumentos	45
3.4. Naturaleza de estudio.	45
3.4.1. Tipo de investigación.....	45
3.4.2. Nivel de investigación.....	46
3.5. Identificación de actividades programadas	46
3.5.1. Estudio preliminar.....	46
3.5.2. Estudio definido.....	47
3.6. Descripción de los métodos y técnicas de evaluación.....	48

3.6.1. Acondicionamiento de la muestra.....	48
3.6.2. Caracterización de tipo de pigmentos.....	48
3.6.3. Determinación de pigmento de la corteza.....	51
3.6.4. Determinación de los tratamientos	53
3.6.5. Evaluación de extracción del pigmento.	54
3.7. Propuesta de extracción de pigmento.....	55
3.7.1. Pruebas de extracción.....	55
3.7.2. Propuesta técnica para la extracción del pigmento de Pochotaroki.	56
3.7.3. Metodologías para determinación de parámetros óptimos.	57
3.7.4. Metodologías para caracterizar los pigmentos de la corteza.	57
3.7.4.1. Metodologías para determinar la caracterización en soluciones.....	57
3.7.4.2. Metodologías para determinar caracterización por espectrofotometría..	58
4. CAPITULO IV:.....	59
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	59
4.1. Determinación de Humedad	59
4.2. Caracterización de pigmentos.....	59
4.2.1. Caracterización de pigmentos en la corteza.....	60
4.2.2. Resultados de espectro de absorbancia.....	60
4.3. Determinación de parámetros óptimos.....	62
4.3.1. Resultados de la aplicación de software.....	64
4.3.2. Superficie de rendimiento vs, temperatura; velocidad agitación.	67
V. CONCLUSIONES	69
VI. RECOMENDACIONES	70
VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS	71
5. ANEXOS	77

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Componentes de espectrofotómetro.....	32
Figura 2 Medición de cartas de tonalidad de muestras.....	32
Figura 3 Medición de distintos productos de muestra.....	33
Figura 4 Diagrama de lixiviación tipo triangular	38
Figura 5 El equipo típico de lecho fijo para la lixiviación de azúcar.....	40
Figura 6 Tanque de lixiviación por lotes con agitación.....	40
Figura 7 Agitador de Dorr	41
Figura 8 Equipo para lixiviación como lecho móvil	42
Figura 9 Ubicación geográfica de la corteza de Pochotaroki.	44
Figura 10 Tamaño de la muestra.....	48
Figura 11 Corteza de Pochotaroki.....	49
Figura 12 Humedad de la corteza	49
Figura 13 Extracción del pigmento de la corteza	52
Figura 14 Esquema de lixiviación en etapa simple	55
Figura 15 Diagrama de flujo de la extracción del pigmento propuesta tecnológica	56
Figura 16 Características del pigmento.	59
Figura 17 Curva espectrofotométrico de longitud de onda $\gamma = 200\text{nm} - 700\text{nm}$	61
Figura 18 Carta de Pareto para el contenido de optimo estandarizado	64
Figura 19 Parámetro óptimo y líneas de contorno en la extracción del pigmento	66
Figura 20 Gráfico de superficie de respuesta y líneas de contorno.	67
Figura 21: Extracción de la corteza de Pochotaroki para estudios preliminares.	77
Figura 22: La corteza en la primera extracción.....	77
Figura 23: La corteza con cambio de color al exponer al medio ambiente.....	77
Figura 24: La corteza seca con un color final marrón oscuro.....	77
Figura 25: Extracción de la corteza en madura para respectivo estudio definitivo	78
Figura 26: Con el árbol Pochotaroki del lugar de extracción.....	78
Figura 27 : Evaluación cualitativa de caracterización de la corteza.	79
Figura 28 : Evaluación de saponina presente en la corteza de Pochotaroki.	79
Figura 29: Evaluación de carotenoides, rojo, amarillo y marrón.....	79
Figura 30: Evaluación de carotenoides de color amarillo.....	79
Figura 31: Evaluación de flavonoides y antraquinonas presente en la corteza,	80
Figura 32: Evaluación final de la caracterización de la corteza de Pochotaroki.	80
Figura 33: Pesado de la materia prima para la extracción del pigmento.....	81
Figura 34: Agitación de corteza para la extracción del pigmento.	81

Figura 35: Pesado de refino para evaporar el agua.....	81
Figura 36: Rotulado del refino para el secado.	81
Figura 37: Evaporación de agua de la extracción del refino en el Horno.	82
Figura 38: Pigmentos que quedan despues de evaporar de diferentes pruebas.	82
Figura 39: Evaluación de la corteza por espectrofotometría.	82
Figura 40: Resultados en espectrofotométricos para la caracterización del pigmento.	82
Figura 41 Resultados de pruebas preliminares del laboratorio.	83

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de Pochotaroki.....	24
Tabla 2 Diferencia de colores de longitud de onda.....	33
Tabla 3 Prueba pre eliminar de variables	46
Tabla 4 Factores y niveles de la extracción del pigmento.....	50
Tabla 5 Tabla de resultados de los tratamientos por lixiviación	54
Tabla 6 Fracción másica teórico.....	55
Tabla 7 Resultado de humedad en la corteza.	59
Tabla 8 Caracterización de pigmentos de la corteza.	60
Tabla 9 Resultados de la optimización de factores de la extracción del pigmento.....	62
Tabla 10 Análisis de Varianza de diseño de superficie de respuesta de la extracción del pigmento.....	65

LISTA DE ANEXO

Anexo 1 Extracción de corteza del árbol de Pochotaroki	77
Anexo 2 Panel fotográfico de las pruebas de laboratorio preliminares	79
Anexo 3 Panel fotográfico de la extracción del pigmento por lixiviación	81
Anexo 4 Resultados de pruebas preliminares del laboratorio.	83

INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha prohibido el uso de colorantes sintéticos en alimentos, cosméticos y medicamentos por ser nocivos para la salud. (Agreda Rodríguez, 2009). Debido a que el color es considerado como un atributo que aumenta el atractivo de los alimentos y está vinculado con su calidad. A raíz de la creciente preocupación por los posibles efectos tóxicos de los colorantes sintéticos. (López Pastrana et al., 2017).

Los tintes sintéticos (artificiales) han sido perjudiciales para la salud humana, ya que se han registrado casos de alergia y se ha demostrado que muchos de ellos causan tumores cancerosos, lo que ha generado preocupación que la agencia de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA), (Rodríguez, 2009).

La corteza del árbol Pochotaroki se extrae para el teñido de cuschma y uso medicinal. La tecnología apropiada la extracción del pigmento fue por lixiviación y como resultado por los tratamientos la corteza se optimizó los parámetros óptimos de extracción del pigmento mediante lixiviación, con esta investigación se reduce la tala de las cortezas de pochotaroki en exceso, afectando en la generación del árbol dando como resultado pérdidas y bajos rendimientos en la extracción del pigmento.

El presente trabajo de investigación de la extracción del pigmento de Pochotaroki por lixiviación, se evaluó los parámetros de lixiviación como variable independiente la temperatura [°C], grado de agitación [rpm], corteza-solvente [C:S], tiempo de extracción [s]. y variable dependiente rendimiento de extracción (%), con los parámetros mencionadas se optimizó la extracción del pigmento de la corteza de Pochotaroki. Por ello el principal objetivo de la presente investigación es Determinar los parámetros óptimos por lixiviación para la extracción de pigmento de la corteza del árbol de Pochotaroki (*Tetragastris altissima*).

CAPÍTULO I:

PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento de problemas

En el Perú, en la región de Cusco en el VRAEM, se encuentra en la parte alta de la selva la producción del Pochotaroki, que es aprovechado la corteza para teñir la cushma por la comunidad asháninca para su uso cultural.

La extracción del pigmento de la corteza de Pochotaroki, no tiene un estudio científico y no cuenta con los parámetros óptimos definidos para la extracción, por la cual se realiza el trabajo de investigación, que generará una tecnología propia que se pueda adaptar y utilizar por las comunidades ashánincas y los estudios siguientes, con los resultados obtenidos servirá para las mejorar la calidad de teñido y la extracción de pigmentos, y que las empresas y las identidades públicas y privadas puedan aplicar la tecnología.

1.1.1. Descripción del contexto.

En la actualidad la industria textil se posiciona como el principal usuario de tintes sintéticos a escala mundial. Aproximadamente 10 000 colorantes que se encuentran disponibles en el mercado actual, lo que implica una producción anual de 700 000 toneladas estos compuestos sintéticos (Arias et al., 2018).

La agencia de La agencia de alimentos y medicamentos (FDA) De Estados Unidos en la Organización Mundial de la Salud (OMS) prohíban el uso de colorantes artificiales sin alimentos cosméticos y medicamentos, por ser nocivos para la salud.(Agreda Rodríguez, 2009). Debido que el color se considera una característica que potencia el atractivo de los alimentos y se relaciona con su calidad. Tras la preocupación creciente por los posibles efectos tóxicos de los colorantes sintéticos.(López Pastrana et al., 2017)

Estados Unidos prohibió el colorante rojo 2 y sustituyéndolo por el rojo 40. La mayoría de los países rechazan esto debido a su peligro para la salud. Por qué está aumentando la tendencia a utilizar tintes naturales en la industria de la alimentación e industria de textil. Por qué se ha demostrado que los colorantes sintéticos son rechazados debido a su toxicidad ya sus problemas de salud hay edificado un listado de 80 tintes de los cuales 9 tintes sintéticos no son aceptados y, según la FDA, solo 8 viables comercialmente. (Casanca, 2022)

La industria textil es una de las más importantes de nuestro país. Sin embargo, es una industria que más agua consume y las aguas residuales producidas contienen una gran cantidad de contaminantes de diferente naturaleza. (Adriana Cortazar Martínez et al., 2014). Los contaminantes principales en las aguas residuales producida por la industria textil debido a los tintes son sales como cloruro de sodio y sulfato de sodio, así como aniones altamente tóxicos altamente tóxicos como en el sulfuro. Otra causa del elevado porcentaje es que el 30% de los componentes del teñido sí pierden debido a la ineficiencia en el proceso. Dado que están fabricadas para resistir incluso el deterioro microbiano, su eliminación una planta de tratamiento de agua resulta complicada (Rodríguez, 2021)

Los tintes artificiales han causado daños en la salud humana dado que se han registrado caso de alergia se ha descubierto que muchos de estos pueden provocar la aparición de tumores cancerígenos. Esto ha llevado a la Agencia de medicamentos y alimentos de Estados Unidos (FDA) en la Organización Mundial de la Salud (OMS) a prohibir el uso de tintes sintéticos en alimentos cosméticos y medicinas por ser perjudiciales para la salud, (Agreda Rodríguez, 2009).

1.1.2. Delimitación del problema.

El problema general de los pigmentos es a nivel mundial, en los cuales el aspecto tecnológico y procesamiento de extracción del pigmento de los principios activos de la corteza de Pochotaraki son también un contexto general. Pero sin embargo la formulación con respecto a la extracción del pigmento de Pochotaraki ese limitado a la función de sus características de la materia prima y a su entorno geográfico donde se encuentra, así como aspectos técnicos, logísticos en las zonas de estudio para la presente investigación.

a) Delimitación en la investigación.

Está delimitado a la operación unitaria de extracción de sólido líquido, aplicada a la corteza de Pochotaroki y la evaluación de sus parámetros.

b) Delimitación del tipo de materia prima.

Se refiere la corteza de Pochotaraki que se produce en el VRAEM en la región de Cusco, cuyo entorno será el ambiente social de las comunidades ashánincas percibir el impacto favorable y sostenible con el aporte de la investigación en la extracción de los pigmentos de la corteza de Pochotaroki.

c) Delimitación Espacial

Se valida la materia prima aprovechada de la región de Cusco del VRAEM y las condiciones técnicas y operativas en la ciudad de Ayacucho, donde se realiza de manera controlada los diversos ensayos. La investigación puede ser extendido a cualquier región en la que se desea aplicar la técnica de extracción del pigmento de Pochotaroki complementando la caracterización de los pigmentos que es que se encuentran dentro de la corteza, que inclusive podrá ser útil en muchas investigaciones a referidas a la extracción del pigmento de Pochotaroki o a partir de otras fuentes vegetales, que permitirá desarrollar las innovaciones tecnológicas y de ingeniería que tanto requiere nuestra selva peruana donde que se encuentran las materias primas suficientes para aprovechar en la transformación de la agroindustria en nuestro País.

1.2. Formulación del problema.

Problema general

¿Cuáles serán los parámetros óptimos de extracción para mejorar el rendimiento de extracción de pigmentos por lixiviación de la corteza de Pochotaroki (*Tetragastris Altissima*)?

Problemas específicos

- ¿Cuáles serán los principales pigmentos presentes en la corteza del árbol de Pochotaroki (*Tetragastris altissima*)?
- ¿Qué efecto tendrán las variables como temperatura, grado de agitación, relación corteza – solvente y tiempo de extracción en el rendimiento de extracción de pigmentos?
- ¿Cómo se optimizarán los parámetros de temperatura, grado de agitación, relación corteza – solvente y tiempo de extracción para maximizar el rendimiento de extracción de pigmentos?

1.3. Objetivos de la investigación

Objetivo general.

Determinar los parámetros óptimos por lixiviación para la extracción de pigmento de la corteza del árbol de Pochotaroki (*Tetragastris altissima*).

Objetivos específicos

- Caracterizar los principales pigmentos presentes en la corteza del árbol Pochotaroki (*Tetragastris altissima*) para fines de extracción por lixiviación.
- Evaluar el efecto de la temperatura, grado de agitación, relación corteza – solvente y tiempo de extracción en el rendimiento de extracción de pigmentos.
- Optimizar las variables de extracción como temperatura, grado de agitación, relación corteza – solvente y tiempo para maximizar el rendimiento de extracción de pigmentos mediante el método de superficie de respuesta.

1.4. Hipótesis

Hipótesis general

La optimización de parámetros de lixiviación tales como; tiempo, temperatura y concentración de solvente en extracción del pigmento de la corteza del árbol Pochotaroki (*Tetragastris altissima*) mejorará significativamente el rendimiento de extracción del pigmento de la corteza.

Hipótesis Específico

- La caracterización adecuada de los pigmentos de la corteza de Pochotaroki (*Tetragastris Altissima*) tendrán potencial para su extracción y aplicación industrial.
- Las variables como temperatura, grado de agitación, relación corteza – solvente y tiempo de extracción tienen un efecto significativo en el rendimiento de extracción de pigmentos.
- Los parámetros optimizados de extracción de pigmentos de la corteza de Pochotaroki (*Tetragastris Altissima*) maximizarán el rendimiento de extracción de pigmentos.

1.5. Justificación

La información sobre la extracción del pigmento de Pochotaroki en nuestro país es escasa, sobre la extracción del pigmento de la corteza de manera tradicional en baja escala aún no existen en nuestra selva principalmente en selva alta, frente a la cual se justifica establecer un proceso de producción en la extracción del pigmento depositar, por lo cual es importante evaluar los parámetros que indican las mejores condiciones de extracción para su máximo rendimiento.

En la región de Cuzco es dar mayor importancia a dar valor agregado a este recurso natural que abunda en la selva alta y y proteger sobre las tablas para tener una sostenibilidad en la extracción de la corteza a largo plazo, fomentando y potenciando la transformación de la materia prima en polvo para poder comercializar. Importancia de esta investigación es aprovechar a lo máximo el pigmento de la corteza de Pochotaroki para no desperdiciar la corteza que

queda, y generar ingresos económicos para la región, y en las comunidades ashánincas y aplicar una tecnología limpia para su aprovechamiento de uso textil el pigmento, y disponer una empresa con la tecnología para poder transformar y dar el valor agregado en este producto potencial en la industria textil qué implica el desarrollo social económico y tecnológico sostenible.

1.6. Antecedentes de la investigación

Sobre el tema de los pigmentos naturales de la corteza de Pochotaroki no hay estudios en el ámbito regional y nacional es escaso, pero de las cuales hay investigaciones realizadas sobre la extracción de pigmentos de otras materias primas y vinculamos con nuestra investigación el pigmento tal como se describe:

Antecedentes Internacionales

La investigación “Extracción de betalaínas a partir de las hojas de remolacha (*Beta vulgaris*) por lixiviación” Realizada por (Silvana, 2023), tiene como objetivo principal determinar las condiciones óptimas para la obtención de betalaínas a partir de las hojas de remolacha (*Beta vulgaris*) usando el método de extracción sólido-líquido. La metodología utilizada fue un diseño completamente aleatorio con arreglo factorial A x B. Entre sus resultados A coma el tratamiento T5 a resulto ser el más favorable en el término color, sabor, aroma y aceptación en comparación el colorante E - 162. Se concluyó que los factores que afectan a la extracción (temperatura y relación disolvente/ soluto) que tuvo un efecto positivo en los resultados, obteniendo así un rendimiento del 45% con respecto al de la remolacha que se encuentre en un 95% de concentración de betalaínas, siendo la relación disolvente soluto (3:1) Las que más influyeron.

Antecedentes Nacionales

En la Investigación de (Garcia et al., 2021), titulado “Optimización de parámetros de extracción en el rendimiento de antocianinas de flores rojas de mastuerzo asistida por ultrasonido”, se tuvo como objetivo optimizar las condiciones de temperatura, tiempo y concentración de etanol en la extracción de antocianina mediante ultrasonido utilizando el método de superficie de respuesta. Este método se llevó a cabo mediante un diseño de compuestos centrales. Los resultados sí obtuvieron a partir de temperatura de extracción que oscilan entre 40 °C y 80 °C, con tiempos que varían de 5 a 75 minutos y concentración de etanol que variaron del 5% al 75%. Los resultados demostrados que la mayor

concentración de antocianinas se alcanzó en las hojas de berro bajo ciertas condiciones: un tiempo de extracción de 75 minutos, una temperatura de 40 °C una concentración de etanol 75%. Se concluyó el estudio que el extracto final presenta una capacidad antioxidante significativa de 68.25, un pH 2.8 y un contenido de sólidos solubles de 3,5%.

En la investigación titulada “Obtención de Antocianinas de la Papa Nativa “Yawar Wayku” (*Solanum stenotomum*) para la producción de colorante natural para alimentos. El objetivo principal de esta investigación es la optimización del proceso de extracción de antocianinas a través de la metodología superficie de respuesta. Los resultados mostraron que los parámetros óptimos de la primera serie fueron una relación de 1: 3.3 y un 14,6% de etanol en la segunda serie se definieron las condiciones óptimas 73.3 °C es un pH de 1.96. En conclusión a resultantes de la aplicación de la metodología fue 73.3 °C, pH 1.96, porcentaje óptimo de etanol utilizando como solvente 14,6% y características de color obtenido como sustituto de colorantes artificiales como yogur el rojo 14.(Aquice & Patricia, 2018).

Antecedente local

En la investigación titulada “Determinación de parámetros óptimos en la extracción de sólidos solubles de la jornada de maíz (*Zea mays* L.)” de la variedad INIA615- Negro Canaán, tiene como objetivo general identificar las condiciones ideales para la extracción de sólidos solubles de la coronta de maíz morada de la misma variedad INIA 615-Negro Canaán de un entorno de laboratorio en un entorno de proceso batch. Este proceso se desarrolló mediante esta metodología se implementa a través de un diseño factorial A x B. Los parámetros que se lograron establecer un fueron tamaño de partícula 4,5454 mm, una velocidad de agitación de 300 RPM una temperatura de disolvente fijada en 79.85 °C. Además, se terminó que el tiempo óptimo de contacto entre la fase sólida - líquido de 6.24 minutos una relación de disolvente - alimentación (D/F) de 8.4181. El de rendimiento experimental de la extracción eso no es solubles de 44,500 31 1% de la coronta de maíz morado de la variedad INIA 615 Negro Canaán 44,5311%.(Medina Quiquin, L. D, 2015).

En la investigación titulada “Optimización de parámetros en la extracción de sodio soluble de la tuna morada mediante el proceso de lixiviación, para su aplicación en las alimentos y bebidas” tiene como objetivo principal de esta investigación es determinar los parámetros óptimos de los factores que influyen en la operación de lixiviación de sólidos solubles de tuna morada para lograr la extracción óptima de sólidos solubles. Los parámetros más adecuados para obtener el extracto de la tuna morada son: tamaño de partícula: F (D=6mm, 8 mm), velocidad de agitación: 500 RPM temperatura 75.7°C como el tiempo de contacto entre la fase sólida líquida: minutos la relación de alimentación y disolvente (F/D): (1:3,2) se logró el 75,42% de rendimiento experimental de los sólidos solubles de la tuna morada. (Gavilán Cori, 2019a)

La investigación titulada “Evaluación de los parámetros de extracción de la norbixina a partir de la semilla de achiote (bixa orellana.l)” el objetivo fue determinar los parámetros óptimos de la extracción del colorante a partir de la semilla achiote (bixa orellana.l). los resultados que se el registro de la humedad alcanzó 8.84% las cenizas fueron 4,4%, la fibra bruta si me dio 17,02%, a la proteína 14, 78%, la grasa en 4,15% de los carbohidratos en 50,81%. En conclusión se obtuvieron rendimiento favorables fueron: tipo de solvente adecuado es solución acuosa de NaOH siendo la concentración adecuada de 0.5% (peso/volumen) tiempo de contacto 15 minutos, a velocidad de agitación 150 RPM, relación semilla solvente 1/10 mL (peso / volumen) y la temperatura es 40 °C, siendo el rendimiento óptimo de 95, 94%.(Quispe Ticllasuca, 2019).

1.7. Variables

Variable Independiente.

X= Parámetros de lixiviación

Indicadores:

X1: Temperatura. [°C].

X2: Grado de agitación [rpm].

X3: Relación Corteza – Solvente [C:S].

X4: tiempo de extracción [min].

Variable dependiente

Y= Rendimiento de extracción del pigmento.

Indicadores:

Y1: Rendimiento de extracción (%).

En la prueba preliminar sí evalúa, se establece las medidas y la calidad de la materia prima que se procede del VRAEM; luego los estudios de los parámetros se realizaron de manera controlada a nivel el laboratorio, veamos los resultados.

CAPÍTULO II:

MARCO TEÓRICO

2.1. La corteza de Pochotaroki

2.1.1. Origen y distribución

La planta de Pochotaroki es nativa de América tropical, pero es conocido por otros países por su comunidad asháninca o nativa, que es lo aprovechan de manera ecológica en su cultura de textil.

El Pochotaraki es un árbol que crece de manera silvestre pertenecientes a la comunidad vegetal de la selva alta tropical peruana. Se caracteriza por su adaptabilidad a ambientes de alta montañas en zonas cercanas a cascadas. Fenológicamente, presenta un patrón de foliar heteromorfo mostrando hojas de color rojo en la etapa de primavera y hojas de tonalidad verde en otras estaciones del ciclo anual. Su distribución geográfica se circunscribe a la ecozona de la selva alta tropical, con temperatura moderna y alta humedad relativa, condiciones que favorece a su crecimiento

El Perú en su selva alta de los valles ríos Apurímac y Ene presenta condiciones ecológicas idóneas para el cultivo de Pochotaroki. La combinación de la temperatura moderada, humedad relativa elevada y suelo fértil fomenta el desarrollo óptimo de esta especie. ofrece condiciones ecológicas óptimas para su cultivo.

2.1.2. Nombres comunes

Por la comunidad asháninca es conocido como: Pochotaroki y también referido Copal. Es una especie de gran importancia en la amazonia peruana y en otras regiones de la selva tropical. Este árbol se caracteriza por su notable capacidad de adaptarse específicamente a los ecosistemas de la selva alta, donde las condiciones climáticas y del suelo son particulares y algo diferente a las zonas de menor altitud.

2.1.3. Taxonomía

En la siguiente tabla 1 se muestra la posición taxonómica de Pochotaroki.

Tabla 1.

Clasificación taxonómica de Pochotaroki.

Reino	Plantae
Orden	Sapindales
Familia	Burseraceae
Género	Tetragastris
Especie	Altissima
Nombre científico	<i>Tetragastris Altissima</i>
Nombre Común	Pochotaroki (Copal)
Nombre Asháninka	Pochotaroki

Nota: Proyecto de Flora y Fauna, Pichari.

2.1.4. Descripción botánica

Pochotaroki (*Tetragastris Altissima*) es un árbol que mide (50 a 60) metros de altura, las ramas se inician aproximadamente de 15 metros de largo del suelo de altura hojas opuesto, simple con nervadura pinnada de ángulos menos a 90°, glabra, con borde entero de forma oval, con ápice aguda y base asimétrica. Puede alcanzar 30 metros de altura.

a) Raíz

Presenta una raíz principalmente pivotante que puede penetrar profundidad en tierras cascajosos de la selva alta. Son leñosas, cilíndricas y ramificadas.

b) Tallo

Es redondo di una corteza dura qué presentan un diámetro de 1 metros a 1.50 metros de la base.

2.1.5. Ecología de crecimiento del árbol Pochotaroki.

- Las zonas que mejor desarrolla agrícola tienen un clima cálido y húmedo.
- Altitud: 1467 metros sobre nivel del mar (m).
- Temperatura: 293.15 grados Kelvin (°K)
- Precipitación: $5.7 * 10^{-8} m/s$.

2.2. Colorantes.

Un colorante es una molécula que posee dos grupos químicos: el cromóforo, que le proporciona el color y el auxocromo, y que facilita la fijación a una superficie; Los colorantes pueden clasificarse según su fuente de extracción en sintéticos y naturales.(Pastaz et al., 2018).

Los colorantes son sustancias que se fijan en otras sustancias y les proporciona el color de manera estable ante factores físicos/químicos como: luz, lavados, agentes oxidantes, etc.,(Llempen Aurazo, 2018).

En la actualidad se emplea diversos tipos de tintes en las industrias, clasificados en dos grandes grupos los colorantes y los pigmentos. Los colorantes son solubles en agua y se describe como sustancias capaces de impartir color a una fibra, sin ser afectados por factores como la luz, temperatura y jabón.(Zaruma et al., 2018).

Existen colorantes sintéticos que se generan a partir de una síntesis química y los colorantes naturales denominados “pigmentos” que son extraídos de fuentes naturales,(López Pastrana et al., 2017).

2.2.1. Tipo de colorantes.

Colorante natural

Los colorantes naturales se presentan en las frutas y vegetales, el color se debe principalmente al concurso de tres familias de pigmentos: clorofilas, carotenoides y antocianinas, que son responsables de la coloración verde, roja-amarilla, y azul-violeta respectivamente (Mosquera, 2005).

En general los colorantes naturales son considerados como inocuos y por lo tanto las restricciones en su utilización son menores que las que afectan a los colorantes artificiales.(Gavilán Cori, 2019).

En contraste los colorantes naturales son los que provienen de la naturaleza y estos pueden extraerse de vegetales y animales sin tener ninguna alteración química. Estos colorantes son amigables con el medio ambiente no sofisticados ese obtienen de una fuente renovables como su preparación implica menos reacción química.(Villota García et al., 2019)

Colorante artificial

Los colorantes sintéticos o artificiales se obtienen mediante síntesis orgánica o bien, por alteración de ciertos compuestos de origen natural. En este grupo sobresalen los colorantes azoicos (con un grupo $-N=N-$ en su estructura) y las antraquinonas (con un grupo $R-COOH$ en su estructura), (García Martínez, 2024).

Un colorante artificial es un producto químico o físicamente modificado, colorantes azoicos y no azoicos que poseen la particularidad de poder obtener una variabilidad de colores, son solubles en agua, fáciles de utilizar en forma de sales, líquidos y materiales pastosos.(Hidalgo Olmedo, 2022)

Los colorantes artificiales son solubles en agua, debido a la existencia de grupos de ácido sulfónico, lo que permite fáciles de utilizar, generalmente en forma de sales sódicas, en líquidos y materiales pastosos.(Llempen Aurazo, 2018). . De tal modo el colorante sintético se define como tintes solubles en agua formando precipitados sobre un sustrato inerte.(Villota García et al., 2019).

2.2.2. Tipos de pigmento.

Los pigmentos pueden ser biológicos, orgánicos, organometálicos, o inorgánicos (metálicos o minerales). Son partículas de color sólidas, insolubles en el medio a colorear y no se ven influenciados física y químicamente, por el soporte o sustrato sobre el que están depositados.(Martín & Viniegra, 2023).

Es insoluble en la mayoría de los solventes, mientras que un colorante es soluble en agua y solventes hidroxílicos: alcohol, propilenglicol, glicerina o en solventes lipofílicos (poco comunes), por lo cual se utilizan los primeros, como una dispersión, mientras que los colorantes se emplean como una disolución. (Marcano, 2018)

Pigmentos Naturales

La FDA es un organismo responsable de la Administración de Drogas y Alimentos en Estados Unidos, define como un aditivo para colorear a cualquier pigmento o sustancia fabricada, ya sea producido u obtenida de vegetales, animales o minerales capaces de colorear alimentos, drogas, cosméticos o alguna parte del cuerpo humano. Los pigmentos de origen natural son

considerados, por los consumidores como inocuos y saludables. (López Pastrana et al., 2017)

Los pigmentos naturales presentes en varios alimentos como: frutas, vegetales, granos, hojas, dependiendo la fuente podemos encontrar distintos tipos de pigmento que varía entre rojo, anaranjado y amarillo. (Valdivieso Luna, 2020).

Asimismo, existen de tipo mineral como, hematita, magnetita, siena o arcilla roja, limonita, cincinita, rutilo y corindón. Entre las sales metálicas se tienen las de cromo, níquel, cobalto y las arcillas, también conocidas como barros, son agregados de silicatos hidratados de aluminio y son fundamentales para la fabricación de la cerámica. (Martín & Viniegra, 2023)

Pigmentos sintéticos

Los pigmentos sintéticos se han sido añadidos sumado o han remplazado a los colorantes minerales naturales insolubles, por los solubles en agua o en aceite (óleos), con amplia gama de colores puros y permanentes, de los cuales se puede elegir a cualquiera de ellos para pintar. (Martín & Viniegra, 2023)

La utilización estos pigmentos se necesita una certificación debido a la preocupación por la seguridad en la salud, se han llevado investigaciones exhaustivamente con respecto a su efecto sobre la salud, ante lo cual se les ha atribuido daños en el comportamiento conductual de los niños. (Quispe Ticllasuca, 2019).

2.2.3. Características de pigmentos en la corteza.

Entre los colorantes de origen vegetal tenemos los siguientes:

Flavonoides

Los flavonoides no son antocianinas se caracteriza por su tonalidad de amarilla, se desprende de la etimología del nombre del (latín flavus: amarillo). Los flavonoides en general se caracterizan por ser polifenol solubles en agua algunos con una estructura de glucósidos (azúcares) y otros polímeros naturales. (Guamushig Chuquitarco, 2019)

Los flavonoides son pigmentos Naturales que se encuentra en las plantas que protege el organismo del daño causado por agentes oxidantes, la polución ambiental, productos químicos presentes en los alimentos. Están ampliamente distribuidas en plantas, frutas y hortalizas en diversas bebidas y representan componentes sustanciales de la parte de no energética de la dieta humana.(Martínez-Flórez et al., 2002)

Ellos son fundamentales para el desarrollo para el crecimiento y voy funcionamiento de las plantas, ya que actúan como atrayente de animales te la Oviposición, como agentes protectoras de la radiación V en contra de las infecciones por organismos Fito patógenos; además estas sustancias tienen características que beneficia a la salud tercer humano lo cual está basado en su actividad antioxidante.(Cartaya & Reynaldo, 2001)

Antraquinonas

Las antraquinonas son metabolitos con una notable actividad antimicrobiana, preséntese principales bacterias, hongos y varias familias de plantas que incluye Rubiaceae, Rhamnaceae, Rhamnaceae, Polygonaceae, Leguminosaceae .(Tenesaca Olivo & Tito Moreno, 2021).

También se emplean en la industria y la cosmética como colorante, y también la medicina porque presenta una gran variedad de actividad farmacológica, (Mugas, 2018)

Carotenoides

En las plantas como los carotenoides son generalmente biosintetizados y acumulados en distintos tipos de plastidios. El tejido vegetales verdes de las plantas los carotenoides están presente en los cloroplastos, que posee una morfología y composición similar. En las partes vegetales que no son verdes estos pigmentos se localiza en el cromoplastos los cuales pueden tener cierta diversidad estructural.(Gómez Gómez & Meléndez-Martínez, 2017)

Los carotenoides son pigmentos liposolubles que se produce de manera natural por las plantas, algas y cierto tipo de bacterias que realizan fotosíntesis. Debido a su naturaleza insaturada, son sensibles al oxígeno, o metales, ácidos, a peróxidos, a calor, luz a las lipoxigenasas.(Carranco Jáuregui et al., 2011)

Son los responsables quienes dan el color amarillo y anaranjado de la flora y fauna, su empleo se está ampliando frente a algunos colorantes artificiales los cuales serán reemplazados por este. (Guamushig Chuquitarco, 2019)

Los cloroplastos contienen una variedad de pigmentos que presentan distintos colores: clorofila -a (verde intenso), clorofila b (verde), carotenos (amarillo claro) y xantofilas (amarillo anaranjado) y diferentes proporciones.(Mancilla et al., 2013)

2.2.4. Clases de Pigmento

Los carotenoides funcionan como colores adicionales en el proceso de la fotosíntesis hay dos clases de pigmentos carotenoides: carotenos y xantofilas coloración de amarilla y rojo, (Mancilla et al., 2013).

Los carotenos.- Son hidrocarburos que no tiene oxígeno están formados por largas moléculas con un sistema de enlaces conjugados alternantes, tanto dobles como sencillos, y que finaliza en cada extremo con un anillo de ciclohexano insaturado, mostrando un color amarillo – anaranjado (Mancilla et al., 2013).

Las xantofilas. - Poseen una estructura parecida a la de los carotenos, siendo su principal diferencia la incorporación de oxígeno en los extremos de la molécula. Hay diferentes tipos de xantofilas dependiendo el grupo incorpore. Son de color amarillo y rojo. (Mancilla et al., 2013).

Antocianinas. - La antocianina son pigmentos naturales presente en los vegetales y tiene propiedades antioxidantes forma parte del grupo de los polifenoles. Este tipo de metabolito secundario se encuentra en las plantas y qué actúan como pigmento, lo que provoca un cambio en el color de las hojas qué puede ser tonos violetas, rojo y naranja. A cuánta más oscura es la planta, más cantidad de compuestos polifenoles o flavonoides posee.(Hernández Guiance et al., 2019).

2.2.5. Factores que afectan a la estabilidad de los colorantes

El núcleo flavilio de los pigmentos no tiene suficientes electrones y, por lo tanto, es altamente reactivo. Las antocianinas son estables bajo circunstancias ácidas, pero suelen ser inestables y degradadas por distintos mecanismos potenciales que generalmente implican la decoloración de los pigmentos. Entre los elementos que tiene un impacto en la estabilidad está el pH, la temperatura, la luz el oxígeno, las enzimas, los copigmentos, los iones metálicos, azúcares en la presencia de ácido ascórbico. (León, 2008).

Efecto del pH.

Las antocianinas tienen un comportamiento anfóterico, lo que la hacen actuar como indicadores de pH. Por lo tanto, el pH tiene una notable influencia en la solución es colorear con antocianinas. A las soluciones de antocianinas presenta un color rojo vibrante cuando su ph es menor a 3. Cuando el ph se eleva, su color rojo habitualmente se transforma hasta que muestra un aspecto descolorido cuando el ph está entre 4 y 5. A medida que ph aumenta ocurre las alteraciones en el color a azul o violeta y bajo almacenamiento procesos térmicos se ha notado un cambio de pigmento de azul a amarillo.(León, 2008).

Efecto de la temperatura.

La temperatura tiene un impacto significativo en la tasa de degradación de antocianinas, Tato en sistema natural es como modelo. Las antocianinas pierden su grupo glucosídico debido a la hidrólisis de las uniones glucosídicas cuando el pH está entre 2 y 4 y de las temperaturas son elevadas, lo que resulta una disminución del color. Las antocianinas soportan adecuadamente los procesos térmicos, incluso los que implican alta temperatura y corta duración, a temperatura superior a 60° se descomponen de acuerdo a la cinética de primer grado. (León, 2008).

Efecto de la luz.

La luz tiene dos efectos sobre el las antocianinas 1) es fundamental para la fotosíntesis de antocianina 2) también aceleran su degradación, cuando se conserva en la oscuridad mantiene mucho mejor su color los productos finales de la descomposición de antocianina provocaba por la luz podría ser idénticas a los que se obtiene en el proceso de degradación térmica el camino de esta

cinética de degradación es distinto pues requiere la excitación del catión. (León, 2008).

Efecto del oxígeno.

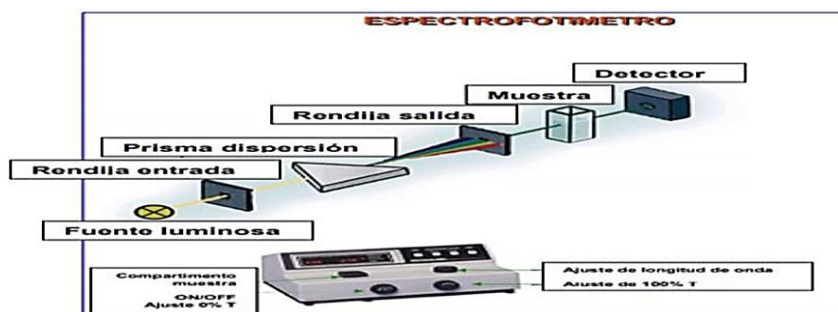
La temperatura del oxígeno son los factores que más contribuyen a la descomposición de colorantes como de sumo de fresa, uva, cereza, y arándano. El oxígeno tiene el potencial de generar efectos degradativos mediante mecanismo directo de oxidación o por medio de oxidación indirecta en la cual los oxidantes presentes en el entorno son capaces de interactuar con las antocianinas las que puede resultar la pérdida de color en que los pigmentos se tornen marrones. El peróxido de oxígeno también tiene como efecto destructivo sobre la antocianina las cual provoca la ruptura de los productos y de creación de precipitados en jugos de frutas y residuos marrones. (León, 2008).

Efecto de la enzima.

Se ha señalado que en la postcosecha la desaparición de antocianina es debido al sistema activo de las enzimas glucosidasas y finolasas, que hidrolizan los grupos 3 glucosídicos presenten a la antocianina y producen agliconas en inestables. (León, 2008).

2.3. Espectrofotometría

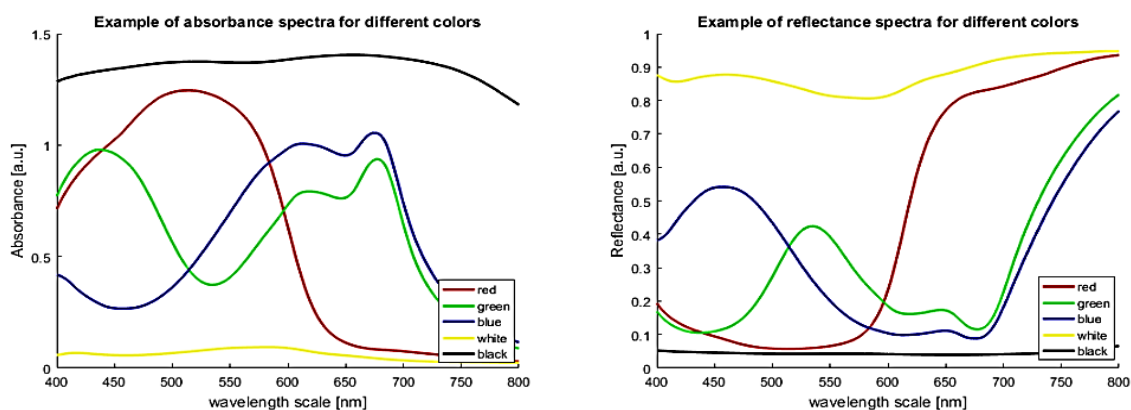
Los espectrofotómetros también conocidos como espectrómetros, reúne todo el espectro de longitud de onda y lo convierte en matemáticamente en cifras que alinean con el que el ojo humano puede percibir. Para realizar una medición coma ha se somete una muestra a la luz ese registra la cantidad de luz recolectada para cada longitud onda. Dependiendo de la absorción y reflexión las propiedades espectrales de la muestra indican distintivo que sí vincula con la percepción del color.(Tobijaszewska et al., 2018)

Figura 1*Componentes de espectrofotómetro*

Nota: (Casanca, 2022)

El dispositivo que se emplea en la espectrometría ultravioletas-visible es conocido como espectrofotómetro UV-Vis, (Figura 01). Este aparato cuantifica la luz que atraviesa una muestra (I) y la contrasta con la luz que existe antes de tocar la muestra (I_0). La proporción I/I_0 recibe el nombre de transmitancia y se suele presentar en forma de porcentaje (%T). La absorbancia (A) depende de la transmitancia. (Bustamante Botero & Carrascal Franco, 2010)

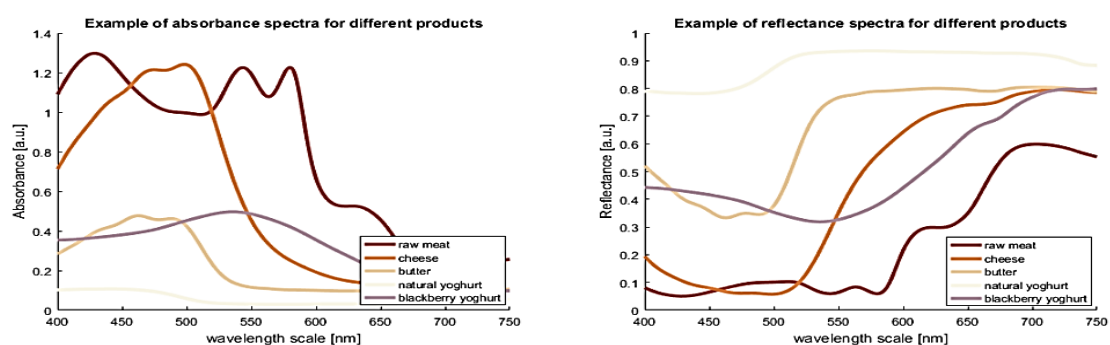
La espectrofotometría interacción de la radiación electromagnética con la materia es la base de los dos métodos espectrofotométricos. Mediante esta interacción, las moléculas pueden pasar de un nivel de energía, a otra diferente, I , absorbiendo una cantidad de energía radiante igual a la diferencia de energía entre ambos niveles. (Bustamante Botero & Carrascal Franco, 2010)

Figura 2*Medición de cartas de tonalidad de muestras*

Nota: Medición de varias cartas de tonalidades (muestras en papel) – en el panel Izquierdo, espectro de absorción y en el lado derecho, la reflectancia correspondiente. (Tobijaszevska et al., 2018).

Figura 3

Medición de distintos productos de muestra.



Nota: La medición de distintos productos (muestras en papel) – en el panel Izquierdo, espectro de absorción y en el lado derecho, la reflectancia correspondiente. Los colores de la línea corresponden al color del producto. (Tobijaszevska et al., 2018)

En la parte visible observamos el color visible de una disolución, que se relaciona con las longitudes de onda de la luz que transmite, no que absorbe. El color que absorbe es el opuesto de color que transmite. Por tanto, para realizar mediciones de absorción es necesaria emplear la longitud de onda en la que absorbe luz mn. (Casanca, 2022)

Tabla 2

Diferencia de colores de longitud de onda.

Longitud de onda Aproximada	Color de luz que se absorbe	Color de luz que se refleja
390-435	Violeta	Amarillo verdoso
435-490	Azul	Amarillo
490-580	Verde	Rojo
580-595	Amarillo	Azul
595-650	Naranja	Azul verdoso
650-780	Rojo	Verde azulado

Nota: (Casanca, 2022)

2.4. Operación de lixiviación

2.4.1. Fundamentos de lixiviación

La Lixiviación se refiere al proceso de extracción sólido – líquido (SLE) que se emplea para la separación. Este método tiene aplicaciones diversas tales como purificación, enriquecimiento, recuperación, eliminación y fraccionamiento. La técnica consiste en uso de un solvente líquido para extraer una sustancia soluble (solute) que está presente dentro de una matriz sólida. (Jiménez & Palacio, 2021).

Asimismo, se puede describir como una operación unitaria que consiste en una extracción sólido - líquido empleada para separar los constituyentes solubles de un sólido inerte con un solvente. El proceso completa de extracción suele comprender la recuperación por separado del solvente y del soluto. (Huarca Garate & Mantilla Ataucuri, 2023)

2.4.2. Extracción sólida – líquido

La lixiviación se refiere a la extracción de sólidos y líquidos; sin embargo hay algunas denominaciones alternativas que describen a la lixiviación, que en esencia son la misma operación pero que debido a su uso pero que debido y su tradición han obtenido denominaciones específicas, cómo son: infusión, percolación, elusión, disolución, macerado y lavado. (Casanca, 2022)

2.4.3. Componentes identificados de lixiviación

Los componentes que conforman son:

A: Sólidos solubles.

I: Insolubles que algunos dominan inertes (con respecto al proceso extractivo).

D: Solvente líquido (opcional de acuerdo al solvente utilizado).

En la operación de lixiviación, el solvente actúa sobre los sólidos solubles, solubilizando y su extracción. Los componentes de la matriz sólida (A, I y D) se encuentran distribuidos e interconectados bajo una estructura compleja.

Los materiales sólidos destinados a la operación de lixiviación también pueden ser:

- Recursos naturales: estructuras vegetales (semillas, tallos, cortezas, hojas y animales (insectos, hígado).
- Materiales inorgánicos: minerales, sales. Etc.
- Materiales de procesamiento intermedios.
- Precipitados.
- Cristales.

Los solventes utilizados para la operación de lixiviación están conformados por el disolvente líquido D, en casos pudiendo contener pequeñas cantidades de soluto y circulación A. Pero al final el extracto líquido obtenido por la operación de lixiviación es un sistema binario conformado por un soluto y disolvente: A+D; en casos cuando no exista una buena separación mecánica sólido líquido, podrá percibirse el arrastre de sólidos finos, que da lugar a la presencia de insolubles: I, el extracto.

2.4.4. Criterios en la elección del solvente

Para la extracción con disolventes líquidos es de una suma importancia tomar los criterios adecuados con respecto a la elección del solvente apropiado para dicha separación, ya sea en la operación de lixiviación, así como en la operación de extracción líquida se puede indicar dos criterios fundamentales. (Alfredo Arias, 2011)

Solubilidad: indica la capacidad de su utilización y concentración que alcanzaría los solubles en solventes utilizados; qué a mayor solubilidad si tiene mayor capacidad de extracción por unidades solvente a utilizar, también es importante elegir un solvente que presenta la alta solubilidad hacia el soluto o material de interés que desea extraerse.

Selectividad: revela el grado de solubilidad selectiva o preferencial que tiene el disolvente líquido hacia un determinado soluto de interés durante la extracción; Es recomendable elegir aquel solvente que permita extraer solamente el soluto deseado como y sin que se extraiga otros compuestos no deseados y acción paralela.

- Volatilidad.
- Toxicidad.
- Inflamabilidad.
- A reactividad química.
- Viscosidad.
- Tensión superficial.
- Capacidad disfuncional.
- Recuperabilidad.
- Inmiscibilidad (para el caso de extracción líquida).
- Diferencia de densidad (para decantación de extracción).

2.4.5. Uso en la industria

La lixiviación es una de las operaciones más extendidas en el área de la extracción de minerales, manipulación de productos biológicos, alimentos y farmacéuticos se reconocen como de manera específica las siguientes aplicaciones:

- Extracción de la sacarosa a partir de la caña de azúcar remolacha.
- Extracción de edulcorantes.
- Extracción de aceites esenciales.
- Industria de aceites de origen animal y vegetal.
- Extracción de colorantes naturales.
- Extracción de alcaloides.

2.4.6. Factores que influyen en la lixiviación

La lixiviación se ve afectada por un conjunto de factores relacionadas a la naturaleza de los materiales de ello destacan las propiedades y características del solvente líquido seleccionado para la lixiviación (solubilidad, selectividad, pH, acción sinérgica en el caso de mezcla de solventes, etc), también influye la naturaleza del material sólido que sometido a lixiviación (porosidad, permeabilidad, estructura y distribución del soluble en la matriz sólida, interacción química, difusividad, transporte intraarticular, etc.) (Alfredo Arias, 2011).

A continuación, mencionamos principales factores vinculados a la condición operatividad que influencia la lixiviación.

a) Granulometría

El tamaño determinado de las partículas después de someterse el material sólido original a una operación de desintegración mecánica, como pueden ser en los molinos. El tamaño de partículas más pequeño se observa mayor eficiencia de extracción, debido a que se facilita el acceso del solvente hacia la región intrapartícula (Alfredo Arias, 2011).

b) Temperatura

En la operación de extracción el factor temperatura juega muy importante, si el solvente aumenta significativamente por su volatilidad debido al aumento de temperatura será recomendable operar la lixiviación, pero el aumento de temperatura puede ser perjudicial para algunos componentes volátiles presentes en el material a extraer la temperatura de la extracción se debe determinar de tal manera que se mejore la difusividad del soluto y disolvente.(Alfredo Arias, 2011).

c) Agitación

El grado de agitación al sistema de extracción sólido líquido define la hidrodinámica del medio lixiviación que a mayor turbulencia de la mezcla de sólido líquido se promueve las suspensiones y facilita la extracción de los solubles debido a la difusión convectiva desarrollada en el medio líquido.(Alfredo Arias, 2011).

d) pH

También es otra variable que afecta una gran medida a las solubilidades del soluto. Una selección del pH permite obtener una mejor elevada solubilidad del soluto para extraer, al mismo tiempo que evita la distribución de componentes no deseados.

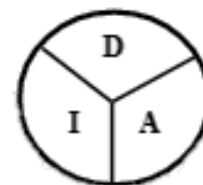
e) Tipo de solvente

El solvente adecuado es el agua bajo costo, no tóxica, no inflamable, no corrosiva, sin embargo, no siempre tiene una capacidad de extracción adecuada. El solvente empleado debe tener el mayor coeficiente de transferencia de masa posible.

2.4.7. Componentes y diagrama de lixiviación.

Dado que se ha identificado los componentes fundamentales que intervienen en la lixiviación qué son la interacción permanente de 3 grupos componentes.

- A : Sólidos solubles (soluto)
 I : Insolubles (con respecto al solvente utilizado)
 D : Solvente líquido.



Fase sólida: $X \rightarrow X = X_A$ fracción másica de soluto.

X_D = fracción másica de disolvente

$X_I = 1 - (X - X_D) = \text{f.m. de insolubles.}$

Fase líquida: $Y \rightarrow Y = Y_A$ fracción másica de soluto.

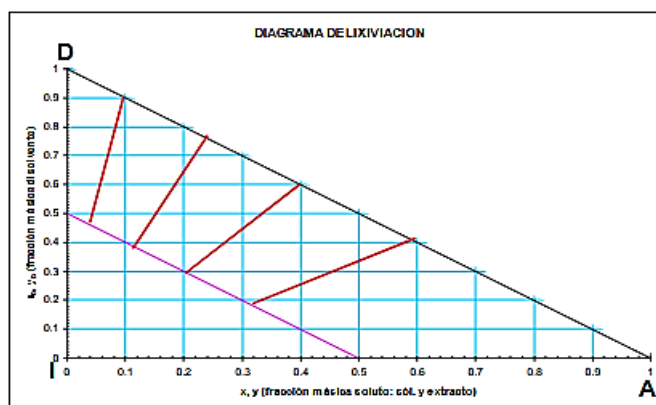
$Y_D = (1 - Y_D)$ f.m. de disolvente.

Si considera que la fase líquida, el extracto obtenido de lixiviación coma estas formada por soluto y disolvente; es decir luego de un buen sistema de separación de sólidos coma ya no existe arrastre de partículas finas en el extracto. Existen diversas opciones de representación gráfica y evaluación del sistema ternario aplicados para la exhibición coma y puede ser:

- Triángulo equilátero
- Triángulo rectángulo
- Coordenadas rectangulares

Figura 4

Diagrama de lixiviación tipo triangular



Nota. (Alfredo Arias, 2011)

2.5. Equipos de extracción para pigmentos.

La operación de lixiviación presenta gran diversidad de equipos de extracción de sólido líquido que se presentan a diversos criterios de operación de licitación coma y capacidad de procesamiento, este tipo de solventes, costos. Etc.

Los equipos de lixiviación se pueden clasificar teniendo en cuenta el tipo de operación, y la temperatura de operación el tipo de contacto sólido líquido pues todas las diferentes formas presentan a continuación:

De acuerdo al tipo de contacto sólido- líquido

- Contacto de etapa simple.
- Contacto de múltiples y tapas con corriente cruzada.
- Contacto de múltiples etapas en contracorriente.
- Contacto diferencial continuo.

De acuerdo a la interacción química de solubles en él solvente

- Lixiviación con solubilidad física pura.
- Lixiviación como reacción química cuál solvente.

2.5.1. Operación en estado no estacionario.

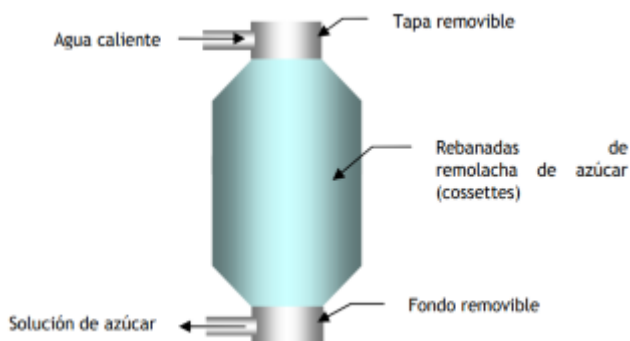
Las operaciones en estado de no estacionario incluye aquí es en que los sólidos y los líquidos se pone en contacto únicamente en forma de lotes, las partículas sólidas gruesas generalmente se trata en lechos fijos mediante método de percolación.(Alfredo Arias, 2011).

a) Lixiviación en tanque de Percolación

Estos equipos de tipo batch y se utilizan para la extracción de azúcar de remolacha, en la extracción de taninos de corteza, extracción del café soluble, extracción de productos farmacéuticos, extracción de pigmento de corteza, etc. Se muestra en la figura el extractor o difusor tipo para azúcar de remolacha en las que se llama cossettes, se observa en la figura 5.

Figura 5

El equipo típico de lecho fijo para la lixiviación de azúcar



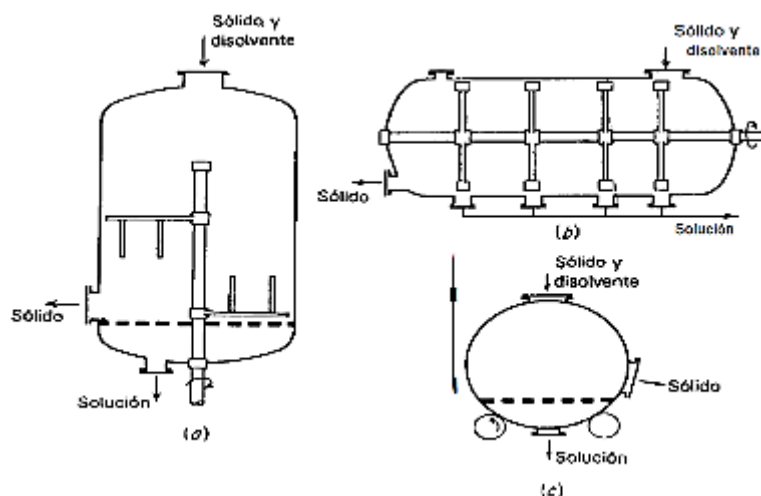
Nota : (Alfredo Arias, 2011)

b) Lixiviación en tanques con agitación

Los sólidos que forman lechos impermeables, bien antes o durante la lixiviación se trata de dispersándolos mediante agitación mecánica y un tanque de mezclador de flujo. De esta forma se puede lixiviar pequeñas cantidades de material por carga en un tanque agitado con una salida en el fondo para retirar el residuo sin el mentado punto el de residuo de exiliados separa después de la disolución concentrada por sedimentación o filtración. Como se observa en la figura 6.

Figura 6

Tanque de lixiviación por lotes con agitación.



Nota : (Alfredo Arias, 2011)

2.5.2. Operación en estado estacionario.

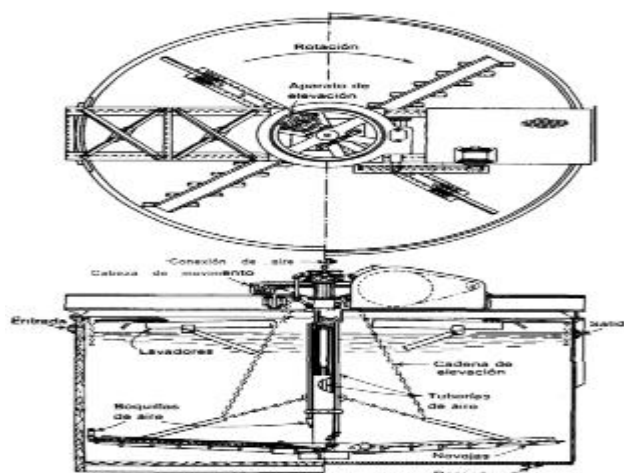
La alimentación al extractor de sólido del solvente se realiza de manera continua algunas veces, el equipo por etapa puede montarse en unidades múltiples para producir efectos de varias etapas; el equipo de contacto continuo puede proporcionar al equivaler a muchas etapas en un único aparato. (Alfredo Arias, 2011)

a) Lixiviación en tanques con agitación.

Los sólidos finamente molidos son fáciles de suspender en el líquido por medio de la agitación, pueden lixiviarse continuamente en cualquier de los muchos tipos de tanques agitación. Debido a la mezcla completo que se obtiene de ordinario, estos aparatos funcionan en una sola etapa; además, el líquido y el sólido tienen alcanzar el equilibrio en el tanque. como se aprecia en la figura 7.

Figura 7

Agitador de Dorr



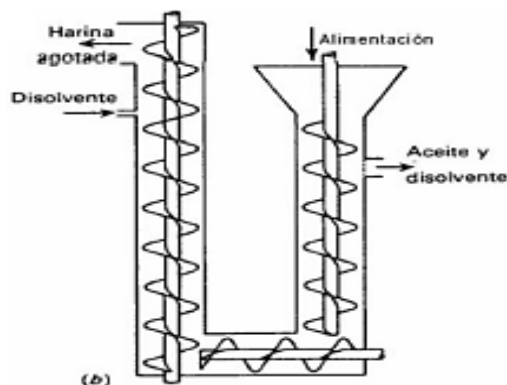
Nota : (Alfredo Arias, 2011)

b) Exhibición con el equipo de Hildebrandt.

El extractor de Hildebrandt consiste en tres transportadores de tornillo sin fin en forma de U. Los tornillos sin fin giran a una velocidad diferente, con el fin de comprimir adecuadamente el sólido en la sección horizontal, los sólidos se cargan a la parte superior derecha, se transportan hacia abajo coma a través de la zona inferior, después hacia arriba por el otro ramal el disolvente fluye en contracorriente. Observe la figura 8.

Figura 8

Equipo para lixiviación como lecho móvil



Fuente : (Alfredo Arias, 2011)

2.6. Optimización

La optimización implica buscar tanto el mínimo como el máximo, se relaciona como la determinación del “MEJOR RESULTADO”, o con la solución óptima a un problema.(Gavilán Cori, 2019a)

2.7. Análisis Estadístico

2.7.1. Método de superficie de respuesta

Los resultados de la experiencia se examinaron a través del Método de Superficie de Respuesta, qué se definen cómo un conjunto de técnicas matemáticas y estadísticos utilizados para modelar y analizar problemas, en donde una respuesta es afectada por múltiples variables y el objetivo es optimizar esta respuesta”.(Aquice & Patricia, 2018).

El método de superficie de respuesta se realizó mediante el software Minitab 2018.

2.8. Tecnología de extracción de pigmento de corteza de Pochotaroki.

2.8.1. Lixiviación con agua y agitación.

Este es el método industrial más antiguo de extracción, mediante abrasión y suspensión mecánica, proporcionado por la agitación de corteza de Pochotaroki en agua, que desaloja y separa la capa de pigmento. Se obtiene entonces una suspensión colorante, que puede ser filtrada o centrifugada, y sometida a

secado, originando una pasta con un contenido de bixina de cerca del 20 % a 100% depende del tratamiento.

Para su uso como pigmento en la coloración de textiles puede ser disueltas en agua en la preparación de soluciones diluidas o puede ser de mezcla con álcali en medio acuoso para hidrolizar la colorante y obtener soluciones de colorante.

Se trata de un método rápido y de bajo costo, el pigmento de la corteza de Pochotaraki extraído con agua normalmente presenta gran concentración de impurezas proveniente de la corteza que se arrastra junto con los restos inerte.

3. CAPÍTULO III:

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del trabajo

La investigación se realizó en el laboratorio y las instalaciones de la Universidad Nacional de Cristóbal de Huamanga. Utilizando el laboratorio de transferencia de masa de la Facultad de ingeniería química y metalurgia en Departamento Ayacucho, Provincia Huamanga, Distrito Ayacucho, situada de altitud de 2850 msnm.

3.2. Población y muestra

a. Población:

El presente trabajo tiene como población la corteza del árbol de pochotaroki (*Tetragastris Altissima*), proveniente de la comunidad asháninca Kitemontinkiari, Distrito de Pichari, Provincia de la Convención, Departamento de Cusco.

b. Muestra:

La materia prima utilizada de la corteza de Pochotaroki, proveniente de la comunidad asháninca Kitemontinkiari, distrito de Pichari, provincia de la Convención, departamento de Cusco se encuentra localizada entre los paralelos 12° 28'07 91" Latitud sur y 73° 46'11 17" Longitud Oeste, altitud 1505msnm. comunidad asháninca Kitemontinkiari está ubicado en el Valle Rio Apurímac. Ver figura 9.

Figura 9

Ubicación geográfica de la corteza de Pochotaroki.



Nota: (Plan-Operativo-Institucional & Google Earth Pro, 2021)

3.3. Materiales.

3.3.1. Materia prima e insumos

- Corteza de Pochotaroki (Anexo 1)
- Agua potable

3.3.2. Materiales de laboratorio.

- Cronómetro
- Bureta
- Embudos
- Termómetro
- Vaso precipitado.

3.3.3. Equipos e instrumentos

- Agitador digital: digital con un rpm 200 a 1000rpm
- Balanza analítica: capacidad de 120 g precisión 0,0001g
- Cocina: 2 hornillas de 15cm
- Mufla: rango de temperatura de 100°C a 1100 °C.
- Termostato: marca MLW, Rango de temperatura (-60°C a +50°C/+80°C+160°C).

3.4. Naturaleza de estudio.

El trabajo de investigación planteado es de tipo experimental y de nivel de estudio correlacional, porque se trata de manipular las variables independientes.

En este caso, el estudio tiene la finalidad de optimizar los parámetros de extracción del pigmento de Pochotaroki, utilizando la operación unitaria de lixiviación utilizando el Software Minitab 18 superficie de respuesta.

3.4.1. Tipo de investigación

El trabajo de investigación que se realizó el tipo experimental - cuantitativo, ya que se trata de manipular las variables independientes el campo de estudio es la optimización de los parámetros óptimos extracción del pigmento de Pochotaroki.

3.4.2. Nivel de investigación

Esta Investigación será de nivel correlacional por que se relacionará entre dos o más variables porque se manipula diversas variables de manera experimental el proceso de extracción del pigmento en la extracción del pigmento a partir de la corteza de Pochotaroki (*Tetragastris altissima*).

3.5. Identificación de actividades programadas

3.5.1. Estudio preliminar

Se aplicó modelos estadísticos que son conocidos como multiparamétricos (Minitab, spss, matemáticos entre otros) la aplicación para el análisis de datos, para ecuaciones de tendencia lineal, que pueda presentar hasta tres variables y que tenga superficie de respuesta.

Tabla 3

Prueba pre eliminar de variables

Factor	Mínimo	Máximo	Continuidad
Tiempo de agitación (rpm)	200	800	Si
Temperatura (° C)	70	87	Si
		92	Si
Tiempo (s)	20	40	Si
		60	si
Relación (F/D)	1 /7.5	1 /20	SI

En el cuadro 3, detallamos las pruebas pre eliminares para definir los rangos de los factores para su extracción del pigmento, los límites son operacionales necesario para el máximo rendimiento, sin causar la degradación de los colorantes ni costos innecesarios.

- Se tomo una referencia de los rangos del agitador que oscilan (200 rpm a 800 rpm).

- Prueba 1. se hizo la prueba con rangos de 200 rpm, tempera 70 °C, Tiempo 20 min y la relación (soluto/) solvente) (1/7.5), los resultados de extracción son de 0.1g del pigmento.
- Prueba 2. se hizo la prueba con rangos de 800 rpm, tempera 92 °C, tiempo 60 min y la relación (soluto/) solvente) (1/20), los resultados de extracción son de 0.4 g del pigmento. Como no se tiene antecedentes de esta investigación los factores se maximizaron para extraer el pigmento la mayor cantidad, en esta etapa la temperatura no se pudo llegar a los 92 °C, hubo más pérdida de vapor de agua por eso se trabaja la temperatura máxima que es de 87 °C. y se estableció los valores definitivos. Ver tabla 4.
- Prueba 3. se hizo la prueba con rangos de 800 rpm, tempera 87 °C, tiempo 40 min y la relación (soluto/) solvente) (1/20), los resultados de extracción son de 0.4 g del pigmento, en el análisis de costos se estableció el tiempo de 40 min, que el rendimiento de extracción es igual al del tiempo 60 min.
- Los factores que se observan en el cuadro 3, fueron establecido para la prueba definitivo del estudio de esta investigación, y se hacen la corrida al azar en el software minitab 18. Para el diseño de superficie de respuesta como se observa en la tabla 5.

3.5.2. Estudio definido

Se determinó cuáles son los procesos a seguir y las técnicas que se utiliza durante el desarrollo metodológico del presente trabajo de investigación sobre parámetros de extracción de la Pocohotaroki (*Tetragastris Altissima*).

- Acondicionamiento de la muestra
- Obtención del pigmento concentrado en polvo
- Extracción del pigmento
- Caracterización de tipo de pigmentos
- Determinación de parámetros óptimos
- Evaluación de resultados
- Análisis y discusiones
- Propuesta de extracción

3.6. Descripción de los métodos y técnicas de evaluación

En el proceso metodológico describe de manera detallada ordenada con técnicas ya definidas dirigidas y para plasmar en el siguiente trabajo de investigación sobre optimización de parámetros de extracción por lixiviación de pigmento de la corteza de pochotaroki (*Tetragastris altissima*)” y finalmente llevar a nivel industrial.

3.6.1. Acondicionamiento de la muestra.

Sé acondicionó la muestra de 0, 02 m de largo 0, 005 m de ancho y 0, 005 m de espesor para establecer un tamaño uniforme de corteza, de Pochotaroki (*Tetragastris altissima*). Como se observa en la figura 10.

Figura 10

Tamaño de la muestra



3.6.2. Caracterización de tipo de pigmentos

La corteza de Pochotaroki (*Tetragastris altissima*), cambia con relación a la maduración (anaranjado, amarillo, rojo y marrón), se elige corteza de una maduración final con su capacidad de colorante marrón, a través de pruebas preliminares, como se observa la figura 11.

Figura 11

Corteza de Pochotaroki



La determinación de las medidas largo, ancho y espesor de la corteza se hizo con la ayuda de regla de 30 cm que se estableció una medida constante.

a) Determinación de humedad.

Figura 12

Humedad de la corteza



La humedad se determinó a través del equipo de determinador de humedad con las siguientes condiciones: temperatura 105 °C, peso de muestra fue establecida tres gramos. Como se observa en la figura 12 y la tabla 6.

a) Factores de extracción

El solvente que se utilizó en el experimento es agua, se realizó la marcha para la optimización de extracción como se figura en la tabla 4.

El trabajo en la selección de solventes es de una sola etapa, con la corteza que se trabajó es de 40 g. Con datos de máximo y mínimos como ve en la tabla 4.

Como menciona el diseño metodológico Utilizado fue un diseño Superficie de respuesta donde se evalúa los factores de lixiviación (variables independientes) las cuales son: tiempo de agitación, temperatura, tiempo, relación (solute – solvente) y disolvente agua; como resultado.

Cada una de las unidades experimentales se realizó, con referencia el autor (Gavilán Cori, 2019b), con su factores de lixiviación para la extracción del pigmento de pochotaroki, los datos mínimos y máximos como se ven en la tabla 4. El procedimiento de tomar los datos definitivos de los factores se menciona en el pre tratamiento. Revisar la tabla 3.

Tabla 4

Factores y niveles de la extracción del pigmento.

Factor	Mínimo	Máximo	Continuidad
Velocidad de agitación (rpm)	200	800	Si
Temperatura (° C)	70	87	Si
Tiempo (s)	20	40	Si
Relación (F/D)	1 /7.5	1 /20	SI

- Los rangos que se toma como dato la velocidad de agitación que se mueve el solvente en agua caliente con la corteza, mejora la agitación en la transferencia de masa, facilitando que el pigmento se disuelva y se separe de la matriz sólida hacia el líquido. El rango velocidad de agitación 200 rpm genera una transferencia de masa efectiva sin generar turbulencia excesiva, que el mínimo para romper la capa de la corteza y velocidad de agitación 800 rpm es para maximizar la difusión.

- La temperatura genera energía térmica suministra al sistema sólido-líquido. La temperatura afecta la solubilidad del pigmento en el solvente y la viscosidad del solvente. Temperaturas más altas suelen incrementar la solubilidad. El rango balanceado La sólo vida del pigmento (Antraquinonas, flavonoides, carotenoides) tienen su estabilidad térmica a 70 °C asegura una solubilidad cinética rápida. El 87 ° C maximiza la solubilidad sin llegar al punto de ebullición a la altitud Ayacucho. Cerca o por debajo de la ebullición para evitar su degradación térmica y asegurar la calidad del pigmento extraído se utilizaron los rangos de temperatura.
- El tiempo es el periodo durante el cual la corteza está en contacto continuo con el solvente y bajo agitación, que ayuda determinar el grado de equilibrio alcanzando, se requiere un tiempo suficiente para que el pigmento difunda completamente fuera de la corteza. El tiempo de 20 min se evalúa la extracción inicial. 40min se utiliza para verificar el equilibrio cinético para el aumento en el rendimiento permite optimizar la extracción del pigmento.
- La relación soluto/ solvente una mayor proporción de solvente garantiza un mayor gradiente de concentración y reduce la saturación, lo que generalmente incrementa el rendimiento. El rendimiento y concentración de soluto solvente (1/ 20) (g / ml) mayor dilución garantiza el máximo rendimiento al evitar la saturación del solvente. de soluto solvente (1/ 7.5) (g / ml) menor dilución evalúa la posibilidad de obtener el extracto concentrado.

3.6.3. Determinación de pigmento de la corteza.

a) Evaluación de materia prima

Se determinó los factores con mayor importancia que influye en la extracción de pigmentos a partir de la corteza de Pochotaroki (*Tetragastris altissima*). como se ve en la figura 13.

Figura 13

Extracción del pigmento de la corteza



b) Evaluación de fracción másica teórico

Para evaluar la fracción másica teórico se caracterizó los componentes la matriz sólida de la corteza de Pochotaroki (*Tetragastris altissima*) y extraer por el método de lixiviación.

A : Sólidos solubles (soluto) (corteza)

I : Insolubles (con respecto al solvente utilizado)

D : Solvente líquido. (Agua)

a. Extracción: se realizó la extracción de la corteza de un árbol maduro, con una textura fresca.

b. Pesado 1: se realizó a pesar 40 g muestra de la corteza.

c. Evaluación de la Humedad: Se evaluó la humedad de la corteza que es de 29,99%.

d. Análisis de factores: Se llevó el análisis de los factores teóricos al máximo, teniendo en cuenta las pruebas preliminares para poder optimizar y los factores del estudio fueron: Agitación a 800 Rpm, Temperatura 87 °C, Tiempo 1 hora y 30 minutos y relación soluto – solvente (1/15) Se realizó la extracción sólida líquida a la corteza, se realizó una sola etapa.

e. Filtrado: Se filtró para separar el extracto del refino para su respectiva separación de muestra.

- f. Pesado 2:** se realizó a pesar 40 g de muestra de extracto para obtener el pigmento.
- g. Secado:** se realizó a el secado en la estufa a temperatura de 87 °C la duración del secado fue de 12 horas.
- h. Pesado 3:** Finalmente se obtiene el pigmento en polvo que es 0.4g. Esta masa nos permitirá calcular la fracción másica Teórico, y la comparación de los factores de extracción experimental para calcular el rendimiento.

c) Cálculos de fracción másica teórico

Se realizó los cálculos después del pesado 3 para la fracción másica teórico en la ecuación E1:

- Se toma la muestra de solución del pesado 1, que es de 40 g de solución
- Luego se toma el soluto extraído después del secado que es de 0.4 g de pigmento.

$$\text{Rendimiento de extracción de pigmento} = X_{F \text{ Teórico}} = \frac{\text{Masa del soluto}}{\text{Masa de solución}} \dots\dots\dots(\text{E1})$$

$$X_{F \text{ Teórico}} = \frac{0.4g \text{ Solute}}{40g \text{ de solución}} = 0.01$$

3.6.4. Determinación de los tratamientos

Para la determinación de proporciones adecuadas de los factores de tiempo de agitación, temperatura, tiempo y la relación soluto y solvente, se utilizó Minitab version 18 de los cuales se obtuvieron 17 tratamientos como se ve en la tabla 5.

Tabla 5*Tabla de tratamientos por lixiviación*

Orden Corrida	Velocidad (rpm)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Soluto /solvente (F/D)
1	500	87	40	20
2	500	78.5	30	13.75
3	500	70	20	7.5
4	650	75.5	30	7.5
5	800	81	40	7.5
6	200	81	20	20
7	800	87	30	20
8	200	70	30	7.5
9	800	70	40	13.75
10	500	78.5	30	13.75
11	200	87	20	13.75
12	800	70	20	20
13	200	87	40	7.5
14	500	87	30	7.5
15	800	87	20	7.5
16	200	70	40	20
17	500	81	30	13.75

Sé evaluó cada factor de extracción para cada uno del tratamiento para determinar la mejor extracción por lixiviación, se realizó de siguiente manera como se muestra en la tabla 5.

3.6.5. Evaluación de extracción del pigmento.

Se realizó los cálculos de fracción másico para cada tratamiento y se realizó los cálculos de mejor extracción en cada tratamiento.

En el balance de materia de la operación de lixiviación, para determinar los factores de extracción de pigmento de a partir de la corteza, se realizó tanto experimental y teórico de los datos generales son los siguientes, se desarrolla los cálculos para una etapa ver en la tabla 5.

Tabla 6*Fracción másica teórico.*

Alimentación
$F= 40$
$X_F=0.01$

Fracción másica del pigmento de la corteza

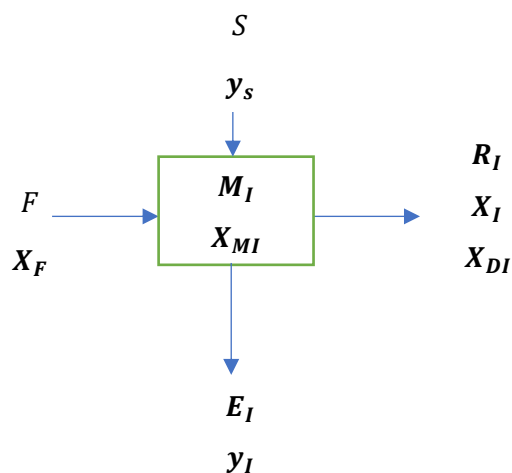
$$X_F = \frac{m_{Nx}}{m_T} = \frac{0.4}{40} = 0.01 \quad \text{Donde:}$$

 X_F : Fracción másica de alimento m_{Nx} : Masa de pigmento m_T : Masa total de corteza**3.7. Propuesta de extracción de pigmento.**

Es para la determinación de una tecnología limpia, adecuada a menor costo, una mayor eficiencia, rentabilidad económica, con un perfil técnica definida.

3.7.1. Pruebas de extracción

Para este trabajo la extracción es una sola etapa, para optimizar el estudio del rendimiento de la extracción del pigmento, se refiere las instalaciones en una etapa con un contacto simple figura 14.

Figura 14*Esquema de lixiviación en etapa simple*

F: Alimentación de la materia prima.

X_F : Fracción másica de alimentación.

M_I : Masa de la mezcla.

X_{MI} : Fracción de solubles de la mezcla.

S: Solvente.

y_S : Fracción másica del solvente.

E_I : Extracto líquido.

y_I : Fracción del Extracto.

R_I : Residuo sólido.

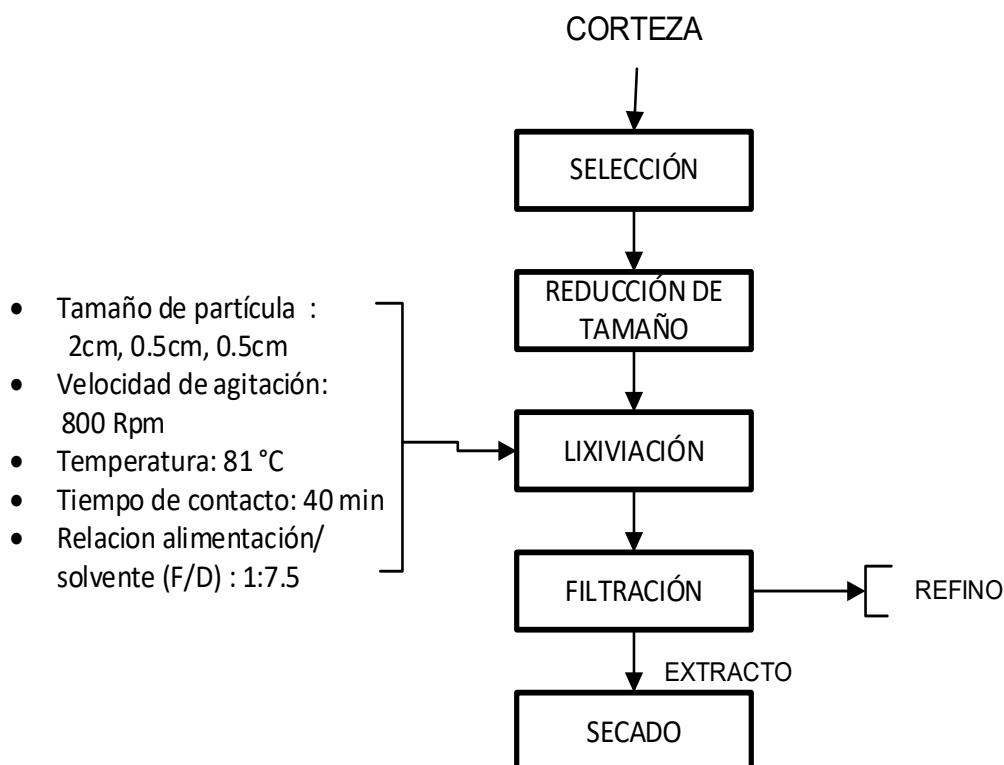
X_I fracción de residuo.

X_{DI} : Fracción másica insoluble

3.7.2. Propuesta técnica para la extracción del pigmento de Pochotaroki.

Figura 15

Diagrama de flujo de la extracción del pigmento propuesta tecnológica



3.7.3. Metodologías para determinación de parámetros óptimos.

- a. **Pesado 1:** se realizó a pesar 40 g de muestra de la corteza.
- b. **Análisis de factores:** Se llevó el análisis de los factores de cada tratamiento como el tratamiento de mayor rendimiento que fueron tratamiento °N 4: Agitación a 650 Rpm, temperatura 75.5 °C, tiempo 30 minutos y relación soluto – solvente (1/7,5) y °N 5: Agitación a 800 Rpm, temperatura 81 °C, tiempo 40 minutos y relación soluto – solvente (1/7,5).
- c. **Filtrado:** Se filtró para separar el extracto del refino para su respectiva separación de muestra.
- d. **Pesado 2:** se realizó a pesar 40 g de muestra de extracto para obtener el pigmento.
- e. **Secado:** se realizó a el secado en la estufa a temperatura de 87 °C la duración del secado fue de 12 horas.
- f. **Pesado 3:** se realizó el pesado de cada tratamiento.
- g. **Pesado 3** se realizó el pesado ($p_2 - p_1$), para tener un X_F real y calcular con el X_F teórico con la ecuación E1, para obtener máximo extracción del pigmento: como se observa en la tabla 4.
- h. **Paso 4.** Al finalizar los datos obtenidos de la tabla 4, se introdujo en el software Minitab 18 los datos para obtener el rendimiento por superficie de respuesta como se observa en la figura 19.

3.7.4. Metodologías para caracterizar los pigmentos de la corteza.

3.7.4.1. Metodologías para determinar la caracterización en soluciones.

Determinación de antraquinonas: Reacción Borntraeger.

Para el análisis cualitativo de antraquinonas de la corteza de Pochotaroki, se tomaron 0.2 g de corteza, se adicionaron 5 mL de cloroformo, se agitaron y dejaron en reposo por 15 minutos. La solución se decantó y se añadió 1 mL de NaOH al 5% (reacción de Borntraeger). Una coloración roja en la fase acuosa indica la presencia de antraquinonas.

Determinación de flavonoides: Reacción SHINODA.

A 1 ml del extracto de la corteza de Pochotaroki diluida en etanol de 96°, luego se añadieron 6 limaduras Mg y por último se adicionaron 4 gotas de ácido clorhídrico concentrado. La aparición de colores rojo, anaranjado y violeta constituyen una reacción positiva lo que indica la presencia de flavonoides.

Determinación de carotenoides: Carbonato de calcio.

A 2 mL de extracto de corteza diluida en solución de cloroformo, luego se añadieron 1g de carbonato de calcio para visualizar la presencia de los pigmentos, y se deja reposar por 15 min, para terminar, se separa fases para poner hilos de algodón y diferenciar los colores que se visualiza (rojo, amarillo y anaranjado). Como se observa en la figura 32.

3.7.4.2. Metodologías para determinar la caracterización por espectrofotometría.

- i. Se tomó una cantidad suficiente del extracto obtenido de la operación unitaria de lixiviación para hacer la lectura de la absorbancia.
- j. Se programo la longitud de onda adecuado en el equipo de espectrometría.
- k. Se realizó la calibración del equipo usando para ello agua destilada añadida a otras celdas, realizando la lectura de la absorbancia del agua tiene que ser cero.
- l. Una vez que se tiene la muestra, esta se colocó en la cubeta del equipo de espectrofotometría.
- m. Se realizó el barrido de espectrofotometría de la muestra de Pochotaroki 200 a 700 nm.
- n. Se limpió la parte externa de la cubeta de preferencia con un material suave como el papel tissue.
- o. Se realizó otra vez la calibración del equipo usando agua destilada para luego colocar la celda que contiene la muestra a analizar en el equipo para su lectura de absorbancia correspondiente de otra muestra.
- p. Se retiró la cubeta del esquivo y procedimiento a limpiar o lavarla, luego se secó la cubeta para proceder a la siguiente lectura de la absorbancia.

4. CAPITULO IV:

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Determinación de Humedad

El resultado del porcentaje de humedad del disolvente en la matriz sólida se realizó en la coloración final de la corteza de color rojo pardo que se detalla en el (Anexo 2), y luego obtener la humedad que se observa en la tabla 7.

Tabla 7

Resultado de humedad en la corteza.

Muestra	Masa (g)	Temperatura (°C)	Humedad (%)
1	3 g	105 °C	29.99 %

Masa inicial = 3g

Masa final = 2, 1003g

$$\%Humedad = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

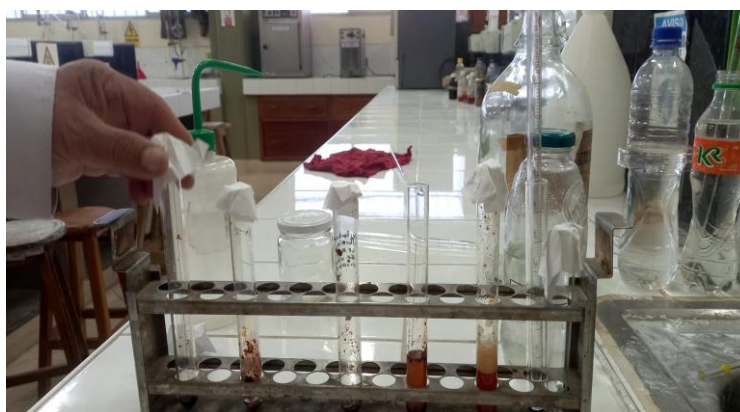
$$\%Humedad = \frac{3g - 2,1003g}{3g} \times 100$$

$$\%Humedad = 29.99\%$$

4.2. Caracterización de pigmentos.

Figura 16

Características de pigmento de Pochotaroki.



ANTRAQUINONA: La forma reducida y los heterósidos dan una coloración mucho más débil o nula, las antraquinonas libres de genina dan en medio alcalino, una coloración roja (Reactivo de Borntrager).

FLAVONOIDES: En la reacción de Shinoda, el Mg metálico es oxidada por el Hcl concentrado, como producto H_2 que es eliminada en forma de gas $MgCl_2$, que es el que forma complejos con los flavonoides dando coloraciones característico. Rojo.

CAROTENOIDES: Con la reacción de carbonato de calcio, se nota en la muestra la antocianina que posee la corteza (amarillo, anaranjado y rojo).

4.2.1. Caracterización de pigmentos en la corteza.

Los resultados obtenidos en muestras de extractos acuosa de corteza de Pochotaroki (*Tetragastris altissima*), para la determinación cualitativa de pigmento se realizaron las siguientes pruebas en tabla 8.

Tabla 8

Caracterización de pigmentos de la corteza.

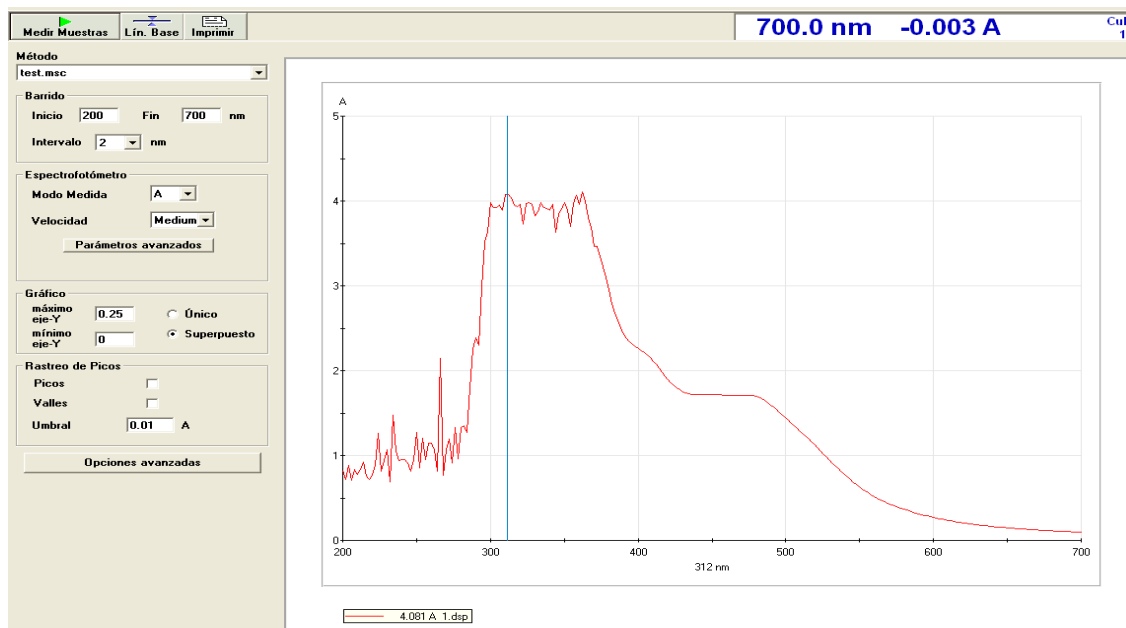
REACCIÓN	SOLUCIÓN ORGÁNICA	ÁCIDO MINERAL	COLORACIÓN
Borntrager	CLOROFORMO	ACIDO	ROJA
ATROQUINONA		SULFÚRICO	
SHINODA	HIDROALCOH	ÁCIDO	ROJA
FLAVONOIDES	OLICA	CLORHIDRICO	
CARBONATO DE	SISTEMA DE	AUSENCIA	AMARILLO,
CALCIO	SOLVENTE		ANARAJANDO Y
CAROTENOIDES			ROJO

4.2.2. Resultados de espectro de absorbancia

El resultado del barrido de la longitud de onda en el cual la absorbancia del analito es máximo punto que se determinó la onda definida, se observa los picos para cada característica en la figura 17.

Figura 17

Curva espectrofotométrica de longitud de onda $\gamma = 200\text{nm} - 700\text{nm}$



Nota: Curva espectral de la longitud de onda de carotenoides ($\lambda=484\text{ nm}$), flavonoides ($\lambda=267\text{ nm}$), Antraquinonas ($\lambda=312\text{ nm}$).

λ = longitud de onda en la escala nanométrica medida espectrofotométrico.

Los carotenoides presentan un absorción única dentro del espectro visible de luz específicamente entre los 400 y 500 nm, lo que permite medir los identificados y cuantificarlos.(Cartes, 2023)

El espectro visible de luz de los carotenoides muestra características en el rango de 400 a 500 nanómetros. Se observan un pico cercano a los 450 nanómetros y generalmente se encuentran dos bandas con alta intensidad a cada lado. Estos picos están etiquetados como I,II y III, comenzando desde la longitud de onda más corta hacia dirección más alta.(Narváez V & Mena P., 2015)

El autor (Paola, 2010) cuantificó los flavonoides que representan la luz visible en 285 nanómetro, que es la longitud de flavonoides que se cuantifica con el espectrofotómetro.

Los flavonoides en etanol exhiben una banda con una intensidad variable entre 200 y 270 nm, además de otras bandas más intensa longitudes de onda mayores, dónde se pueden detectar bandas adicionales de mayor intensidad.(Reyes et al., 2010)

Los espectros de absorción de antraquinonas que tiene una intensidad de luz visible es entre el rango 400 y 600, permitiendo inferir que el mayor contenido de hidrolisis, el análisis de las pruebas con un comportamiento óptimo fue en 520 nm.(Pérza et al., 2005)

Los espectros UV/vis de las antraquinonas exhiben cuatro bandas de absorción en el intervalo de longitud de onda de 220 a 350 nm (es decir, a causa de las transiciones electrónicas S) y una longitud de onda mayores alrededor de 400 nm.

Los espectros de absorción de antraquinonas que tienen una luz visible muestran valores altos para la corteza cinco máximos picos altos de absorción 240, 300nm y 460, 480nm y 560nm.(Blanco et al., 2005)

4.3. Determinación de parámetros óptimos.

a) Rendimiento de extracción según los factores establecidos.

Tabla 9

Resultados de ensayos de extracción del pigmento

Orden Corrida	Velocidad (Rpm)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	F/D (g / mL)	40 g		P2 (g)	Masa del	Fracción
					soluto/ x solvente	P1 (g)		pigmento P1 – P2 (g)	másica (XF) práctico
1	500	87	40	20	800	53.6 g	53.5 g	0.1 g	0.0025
2	500	78.5	30	13.75	550	36.8 g	36.5 g	0.3 g	0.0075
3	500	70	20	7.5	300	36.8 g	36.5 g	0.3 g	0.0075
4	650	75.5	30	7.5	300	35.8 g	35.4 g	0.4 g	0.01
5	800	81	40	7.5	300	35.8 g	35.4 g	0.4 g	0.01
6	200	81	20	20	800	36.7 g	36.5 g	0.2 g	0.0025
7	800	87	30	20	800	35.5 g	35.4 g	0.1 g	0.0025
8	200	70	30	7.5	300	35.5 g	35.3 g	0.2 g	0.0075
9	800	70	40	13.75	550	35.5 g	35.3 g	0.2 g	0.0050
10	500	78.5	30	13.75	550	36.8 g	36.5 g	0.3 g	0.0075

11	200	87	20	13.75	550	36.8 g	36.5 g	0.3 g	0.0075
12	800	70	20	20	800	34.6 g	34.5 g	0.1 g	0.0025
13	200	87	40	7.5	300	35.4 g	35.1 g	0.3 g	0.0075
14	500	87	30	7.5	300	35.4 g	35.1 g	0.3 g	0.0075
15	800	87	20	7.5	300	34.8 g	34.5 g	0.3 g	0.0075
16	200	70	40	20	800	35.2 g	35.1 g	0.1 g	0.0025
17	500	81	30	13.75	550	35.5 g	35.4 g	0.1 g	0.0075

*(F/D): Relación de masa y solvente

* Cantidad de solvente se mantiene constante para las 17 pruebas a 40 g de corteza.

Nota: Cada vaso precipitado tiene diferente masa, como la masa de la muestra seca es pequeña se llegó a pesar (vaso precipitado + de la muestra) después del secado para tener una fracción másica real se aplicó para las 17 muestras de ensayo.

F/D = (soluto /solvente) (g / mL)

p2 = peso final (vaso precipitado + de la muestra). (g)

P1= peso inicial (vaso precipitado + de la muestra). (g)

X_F = Fracción másica real

Cálculo para el ensayo 4.

d) Cálculo de la muestra

$P1 - P2 = \text{Peso de la muestra}$

$35.8 \text{ g} - 35.4 \text{ g} = 0.4 \text{ g}$ masa del pigmento.

e) Cálculo de fracción másica real

Fracción másica del pigmento de la corteza

$$X_F = \frac{m_{Nx}}{m_T} = \frac{0.4}{40} = 0.01$$

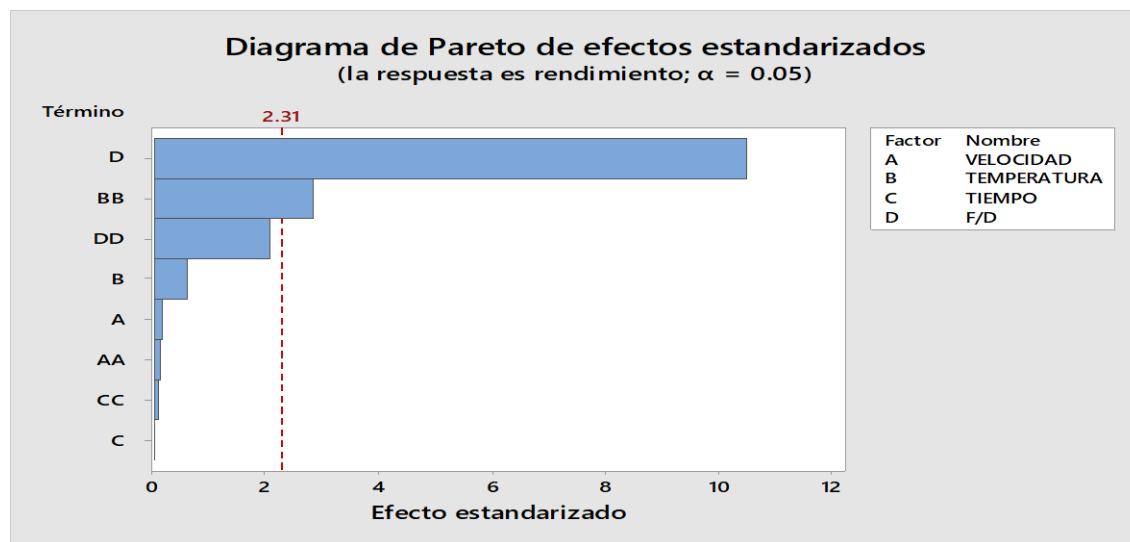
Los pasos de los cálculos se hacen de la misma manera para todos los ensayos. Se muestra en la tabla N° 9 los ensayos experimentales realizados en el laboratorio, para maximizar su extracción mediante lixiviación de esta manera los ensayos 4 y 5 dieron mejor extracción, mediante el análisis de un balance de energía se toma el ensayo 4 para extraer el pigmento ya que el rendimiento es máximo y a menor costo.

4.3.1. Resultados de la aplicación de software

En la aplicación de la metodología de Superficie de respuesta se tiene un conjunto de cuadros informativos de resultados y de las gráficas correspondientes que se exponen.

Figura 18

Carta de Pareto para el contenido de óptimo estandarizado



La influencia de los factores: velocidad, temperatura, tiempo y relación (F/D), como sus interacciones pueden explicarse con el diagrama de Pareto (Figura 17). Se puede diferenciar al factor relación de soluto y solvente (F/D) y las interacciones: temperatura * temperatura, como significativos con un 95% de confiabilidad ($p < 0.05$), también es probable que tenga una adición significativa al modelo planteado por que los cambios en su nivel altos y bajos de los valores negrita que se representan en la (Tabla 7) están relacionado con cambios en la variable respuesta (rendimiento de extracción del pigmento).

También se explica que esta significancia se encuentra en el valor crítico de Pareto (Val crit), gráficamente si el valor del efecto estandarizado de los factores superiores a Val Crit = 2.31, se consideró como significativo y los de más factores fueron considerados como no significativos, que su participación no es relevante sobre la optimización de extracción del pigmento de la corteza de Pochotaroki por lixiviación.

Tabla 10*Análisis de Varianza de diseño de superficie de respuesta de la extracción del pigmento*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	8	10769.4	1346.17	17.16	0.000
Lineal	4	8720.4	2180.09	27.79	0.000
VELOCIDAD	1	1.9	1.90	0.02	0.880
TEMPERATURA	1	28.7	28.71	0.37	0.562
TIEMPO	1	0.0	0.00	0.00	1.000
F/D	1	8648.4	8648.39	110.23	0.000
Cuadrado	4	1681.6	420.40	5.36	0.021
VELOCIDAD*VELOCIDAD	1	1.0	1.01	0.01	0.912
TEMPERATURA*TEMPERATURA	1	629.3	629.29	8.02	0.022
TIEMPO*TIEMPO	1	0.6	0.63	0.01	0.931
F/D*F/D	1	340.3	340.30	4.34	0.071
Error	8	627.7	78.46		
Falta de ajuste	7	627.7	89.67	*	*
Error puro	1	0.0	0.00		
Total	16	11397.1			

Nota: Valor de $p < 0.05$ es significativo (95% de confiabilidad)

El diagrama de pare Pareto desprende la interpretación del análisis de varianza (ANOVA) presentando en la Tabla 10, donde se aprecia el modelo de superficie de respuesta generando para la optimización de extracción del pigmento de la corteza de Pochotaraki por lixiviación fue significativo la relación soluto/solvente (g/mL) y la temperatura * con el modelo lineal ($p=0.000$) y modelo cuadrático que fue de ($p=0.021$) fue menor que ($p = 0.05$.)

El coeficiente de determinación para el modelo cuadrático ajustado fue $R^2 = 0.9449\%$ de la variabilidad total en rendimiento del extracto del pigmento se explica por los factores que Influye en el modelo como (velocidad de agitación, temperatura, tiempo y relación

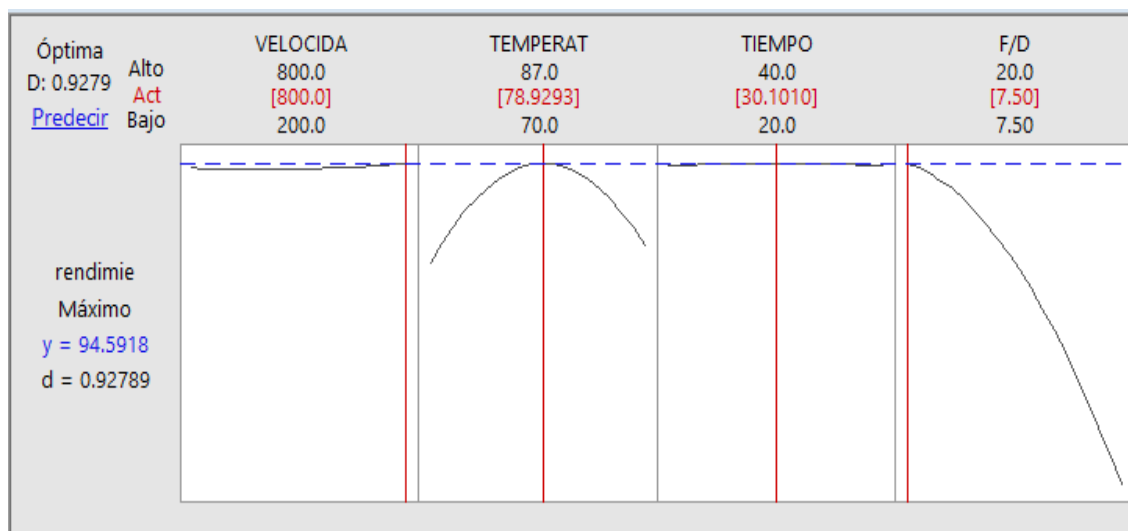
corteza solvente (soluto/ solvente) y sólo el 5.1% de la variación se debe a factores no controlados al error experimental que no fue explicado por el diseño.

El coeficiente de determinación para el modelo cuadrático ajustado fue $R^2 = 0.9449\%$ con la metodología del diseño de superficie de respuesta se emplea específicamente para modelar la relación entre factores continuos (X_1, X_2, X_3, X_4) una variable (Y) mediante ecuación polinómica de segundo orden para la optimización de la extracción de los pigmentos de la corteza de Pochotaroki indicado con el modelo obtenido explica el 94.49% de la variación de los datos observados para rendimiento de la extracción.

El autor menciona (Narciso Valverde, 2019) Hola El coeficiente de determinación de R cuadrado Indicó que el diseño propuesto puede explicar el 993% de la variabilidad de la variable dependiente 2 pun Por ende sólo 63% no fue explicado por el diseño. En su investigación titulado obtención colorante de la pulpa de mango.

Figura 19

Parámetro óptimo y líneas de contorno en la extracción del pigmento



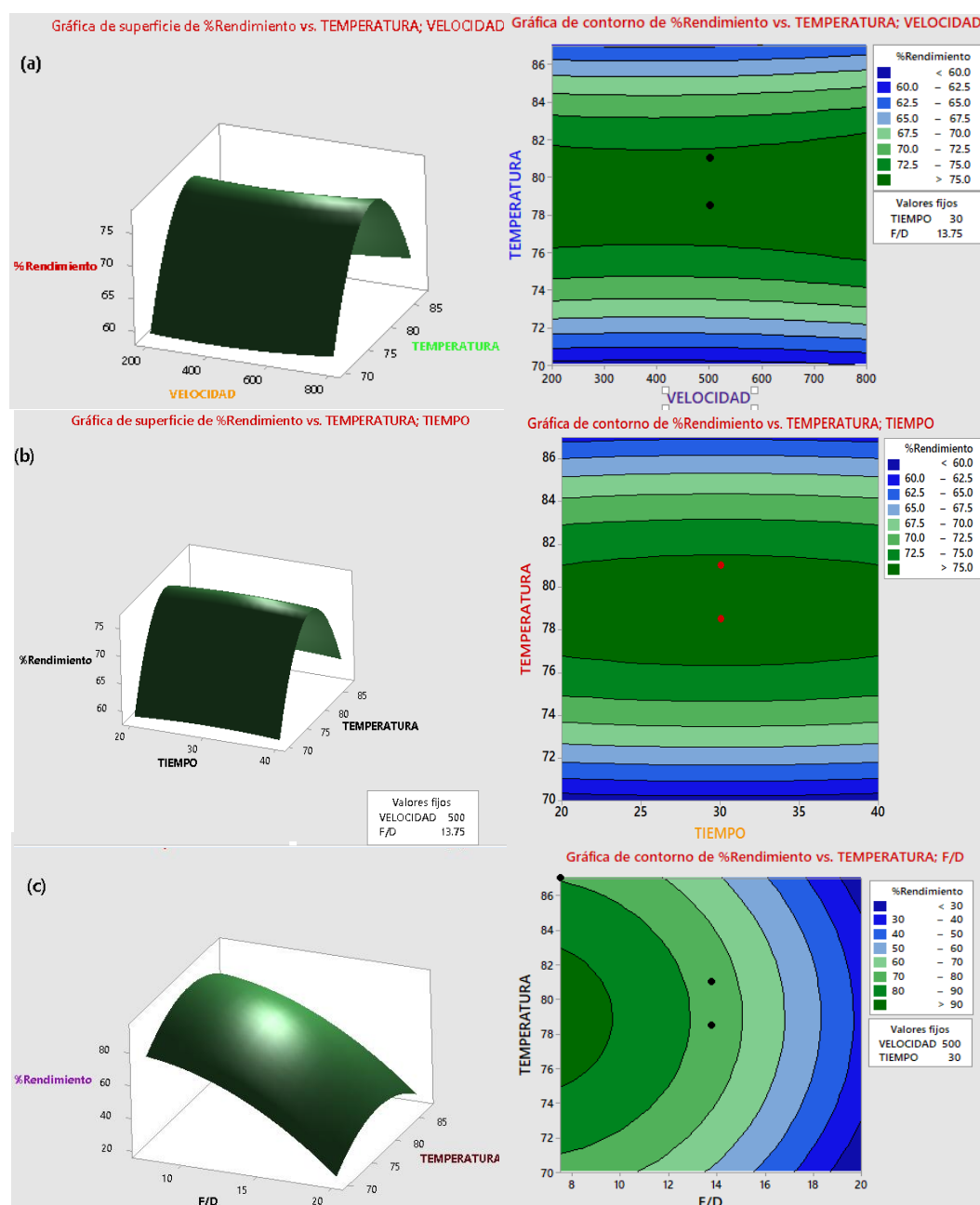
La optimización de los factores se obtuvo mediante el análisis de superficie de respuesta y las líneas de contorno obteniéndose 94.5918% para la (velocidad de 800 Rpm, temperatura 79.93°C, Tiempo de 30.10min y factor relación soluto y solvente (F/D) (1:7.50).) valor teórico y valor experimental utilizando la el Excel es de 100%.

4.3.2. Superficie de rendimiento vs, temperatura; velocidad agitación.

La velocidad de agitación y temperatura de extracción en el contacto de la corteza para retirar la máxima cantidad del pigmento el análisis evaluado fue en la figura 20.

Figura 20

Gráfico de superficie de respuesta y líneas de contorno para el rendimiento de extracción del pigmento de Pochotaroki por lixiviación con los factores (a) temperatura Vs velocidad, (b) temperatura Vs tiempo y (c) temperatura Vs factor relación de soluto y solvente (F/D).



En la figura 20, se muestra las superficies de respuesta generadas a través de modelos de propuesto para rendimiento de extracción de los pigmentos de la corteza de Pochotaroki. La figura 20- (a) muestra que el mayor rendimiento de extracción de la corteza se obtiene utilizando temperatura a largo 75 °C y a una velocidad de 520rpm confirmando que ambos factores son significativos en el rendimiento de extracción de los pigmentos. En la figura 20 – (b) presenta claramente una curvatura en el rendimiento de extracción a largo del 31min tiempo y temperatura 81°C siendo el tiempo que influye más. La figura 20 – (c) se indica el mayor rendimiento obtiene a largo de la temperatura 70 °C respecto a factor relación de soluto y solvente 13.5 [C:S] siendo de mayor influencia significativa.

V. CONCLUSIONES

- Se determinó la caracterización de los principales compuestos de pigmentos presentes en la corteza por espectrofotometría como: carotenoides ($\lambda=484$ nm), flavonoides ($\lambda=267$ nm) y Antraquinonas ($\lambda=312$ nm), esta caracterización demostró la corteza de Pochotaroki un alto potencial como una alternativa de colorante natural para la industria de alimento y textil de extracción por lixiviación.
- La extracción con mejor resultado del pigmento de la corteza de Pochotaraki por lixiviación, se obtuvieron los tramientos T5 con (solvente H₂O, velocidad de agitación 650 rpm, temperatura 75.5 °C, tiempo 30 minutos, relación corteza solvente (1/7.5) peso/volumen) y el tratamiento T5 con (solvente H₂O, velocidad de agitación 800 rpm, temperatura 81 °C, tiempo 40 minutos, relación corteza solvente (1 / 1.5) peso/volumen).
- La optimización de los factores se obtuvo un efecto significativo en el rendimiento de extracción con el modelo de superficie de respuesta de segundo orden (modelo cuadrático) obteniéndose 94.5918% ($R^2 = 0.9459$) para la velocidad de (800 rpm, temperatura 79.92 °C, tiempo de 30.10 minutos y factor relación soluto solvente (F/D) (1:7.50) (peso/volumen) la variabilidad observada en el rendimiento.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar los ensayos a mayor escala con la finalidad de relacionar con los resultados obtenidos a nivel laboratorio. Así mismo teniendo esta base de esta investigación se debe realizar como mínimo tres repeticiones de extracción con la finalidad de minimizar los errores sistemáticos y aleatorios.
- Realizar estudios de incorporación del pigmento de Pochotaroki (*Tetragastris altissima*) en diferentes productos alimentarios y textil como: conservas, bebidas, lácteos.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Adriana Cortazar Martínez, Claudia Coronel Olivares, Adelfo Escalante Lozada, & César González Ramírez. (2014). *Contaminación generada por colorantes de la industria textil*. Universidad Autónoma de Estado de Hidalgo.
<https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa4/n3/e1.html>
- Agreda Rodríguez, M. A. (2009). *Evaluación de seis métodos para la extracción de ácido carmínico obtenida a partir de cochinilla (Dactylopius coccus costa) según condiciones de laboratorio de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala*. [Other, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/10792/>
- Alfredo Arias, J. (2011). FUNDAMENTOS Y APLICACIONES DE TRANSFERENCIA DE MASA. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA.
- Aquice, S., & Patricia, D. (2018). Obtención de antocianinas de papa nativa “Yawar Wayku” (*Solanum Stenotomum*) para la elaboración de un colorante natural aplicable a alimentos. *Universidad San Ignacio de Loyola*.
- Arias, P. E. Z., Nájera, J. B. P., Hernández, I. C., Iván, H., & Ayala, S. (2018). Los Colorantes Textiles Industriales Y Tratamientos Óptimos De Sus Efluentes De Agua Residual: Una Breve Revisión. *Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango, Durango, México*.
- Blanco, J. B., Jerez, M. A. B., Paneca, M. R., de la Torre, M. H., Laffite, O. C., & Sánchez, R. T. (2005). Meroterpenos (Antraquinonas) en diferentes partes de la Planta de Morinda Royoc L. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 36.
- Bustamante Botero, J. E., & Carrascal Franco, L. M. (2010). Estandarización de la técnica espectrofotométrica (UV-Vis) para la cuantificación de antraquinonas presentes en productos a base de Aloe Vera. *Universidad Tecnológica de Pereira*.

- Carranco Jáuregui, M. E., Calvo Carrillo, M. de la C., & Pérez-Gil Romo, F. (2011). Carotenoides y su función antioxidante: Revisión. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 61(3), 233-241.
- Cartaya, O., & Reynaldo, I. (2001). Flavonoides: Características químicas y aplicaciones. *Cultivos tropicales*, 22(2), 5-14.
- Cartes, G. E. C. (2023). Comparación de carotenoides obtenidos a partir de la asimilación por *Asteromyces cruciatus* de carbohidratos complejos provenientes de *M. pyrifera* y *D. antarctica*. *Universidad de Chile*.
- Casanca, B. C. (2022). Optimización de parámetros para la extracción de pigmentos de la semilla de achiote (*bixa orellana*) por ultrasonido de potencia. *Universidad Nacional José María Arguedas*.
- García Martínez, J. (2024). Determinación de colorantes alimentarios artificiales en alimentos. *Universidad de Jaén centro de estudios de postgrado*.
<http://crea.ujaen.es/jspui/handle/10953.1/21348>
- García, R., Gonzalo, P., Torres, V., & Christian, M. (2021). Optimización de parámetros de extracción en el rendimiento de antocianinas de flores rojas de mastuerzo asistida por ultrasonido. *Universidad Nacional del centro del Perú*.
- Gavilán Cori, S. D. (2019a). Optimización de parámetros en la obtención de sólidos solubles en la tuna morada (*Opuntia ficus-indica*) por lixiviación, para su aplicación en alimentos y bebidas. *Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga*. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3394>
- Gavilán Cori, S. D. (2019b). *Optimización de parámetros en la obtención de sólidos solubles en la tuna morada (Opuntia ficus-indica) por lixiviación, para su aplicación en alimentos y bebidas*.
- Gómez Gómez, L., & Meléndez-Martínez, A. J. (Eds.). (2017). *Carotenoides en agroalimentación y salud* (Primera edición). Editorial Terracota.

- Guamushig Chuquitarco, S. E. (2019). Obtención y caracterización de colorantes naturales a partir de la corteza y hojas de molle (*Schinus molle*). *Universidad técnica de Cotopaxi*.
- Hernández Guiance, S. N., Marino, L., Isern, D., Coria, I. D., & Irurzun, I. M. (2019). Flavonoides: Aplicaciones medicinales e industriales. *Universidad Del Centro Educativo Latinoamericano*, 22.
- Hidalgo Olmedo, B. G. (2022). *Uso de colorantes alimentarios (artificiales y naturales) y su impacto en la salud: Revisión de la literatura*. [bachelorThesis, Riobamba, Universidad Nacional de Chimborazo].
<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9714>
- Huarca Garate, A., & Mantilla Ataucuri, D. O. (2023). Optimización de la concentración de cianuro y granulometría del mineral en la extracción del oro por el proceso carbón en lixiviación en la empresa minera FIDAMI S.A. Sancos-Ayacucho. *Universidad Nacional de san Antonio Abad del Cusco*.
<https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/8099>
- Jlménez peña carlos richar & Palacios hilario antony yourgen. (2021). *Optimización de la extracción de manteca de cacao (theobroma cacao l.) por lixiviación utilizando la metodología de superficie de respuesta*. Repositorio Institucional Gigital, Universidad de Santa. <http://168.121.236.53/handle/20.500.14278/3810>
- León, L. R. (2008). *Estudios de extracción y estabilidad de los pigmentos de zarzamora cv. 'Tupi'*.
- Llempen Aurazo, L. C. (2018). Extracción del Ácido Carminico mediante dos Metodos a partir de la Cochinilla (*Dactylopius Coccus*), Aplicado en Textileria. *Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo*.
<http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/2343>
- López Pastrana, K. G., Hernández Fuentes, A. D., Jiménez Alvarado, R., & Campos Montiel, R. G. (2017). Microencapsulación de pigmentos naturales obtenidos de

- la cáscara y pulpa de frutos de *Opuntia* spp. *Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP*, 3(5). <https://doi.org/10.29057/icap.v3i5.2063>
- Mancilla, C., Castrejon, C., Rosas, T., Blanco, E., & Perez, S. (2013). Extracción y separación de pigmentos vegetales. *Chapultepec: Universidad del Valle de México, QFB*.
- Marcano, D. (2018). *Introducción a la Química de los Colorantes*. Colección Divulgación Científica y Tecnológica. Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, Caracas, Venezuela. 254 p.
<https://saber.ucv.ve/handle/10872/19390>
- Martín, N., & Viniegra, M. (2023). Pigmentos Naturales. *Contactos, Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería*, 130, Article 130.
- Martínez, A. C., Olivares, C. C., Lozada, A. E., & Ramírez, C. G. (2014). Contaminación generada por colorantes de la industria textil. *Vida Científica Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 4*, 2(3), Article 3.
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa4/article/view/1862>
- Martínez-Flórez, S., González-Gallego, J., Culebras, J. M., & Tuñón, M. J. (2002). Los flavonoides: Propiedades y acciones antioxidantes. *Nutrición hospitalaria*, 17(6), 271-278.
- Medina Quiquin, L. D. (2015). Determinación de parámetros óptimos en la extracción de sólidos solubles de la coronta de maíz morado (*zea mays* l.) de la variedad Inia 615–negro Canaán, por lixiviación. *Univerdad Nacional de San Cristóbal de Huamanga*.
- Mugas, M. L. (2018). Búsqueda de agentes antivirales a partir de plantas bioactivas argentinas: Evaluación de antraquinonas naturales y semisintéticas. *Univerdad Nacional de Córdoba*. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/83414>

- Narciso Valverde, A. H. (2019). *Optimización de la obtención del colorante de la pulpa del fruto de Mangifera indica L. (mango) utilizando el método Superficie Respuesta*.
- Narváez V, E., & Mena P., C. (2015). Aislamiento y caracterización por espectroscopia visible e infrarroja del colorante del achiote (Bixa orellana). *Pontificia Universidad Católica del Ecuador*, 3(1), 53-64.
- Paola, A. (2010). Evaluación del contenido de flavonoides en cascara de cinco variedades de citrus limón de Tucumán. *Universidad Nacional de Tucumán*.
- Pastaz, K. B. A., Insuasti, J. A. P., Trujillo, A. S. D., Arroyave, P. S., & Soto, C. A. P. (2018). Toxicidad de los colorantes sintéticos: De lo global al Ecuador. *Revista Biorrefinería Vol. 1(1), 1*.
- Pérza, Y. B., Jiménez, M. H., & Pulpeiro, O. G. (2005). Desarrollo de una técnica analítica para cuantificar las antraquinonas presentes en la Cassia alata L. (Guacamaya francesa). *Revista cubana de Plantas medicinales*, 10(3-4), 0-0.
- PLAN-OPERATIVO-INSTITUCIONAL- Cusco 2021.pdf. (s. f.). Recuperado 12 de junio de 2025, de <https://redsaludlaconvencion.online-e.com/wp-content/uploads/2024/09/PLAN-OPERATIVO-INSTITUCIONAL-2021.pdf>
- Quispe Ticllasuca, S. F. (2019). Evaluación de los parámetros de extracción de la norbixina a partir de las semillas de achiote (Bixa orellanaL.). *Universidad Nacional de San cristobal de Huamanga*.
<http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3396>
- Reyes, S. R., Casanova, E. V., Gaona, M. C., & Saldarriaga, C. E. (2010). Identificación preliminar de los metabolitos secundarios de los extractos acuosos y etanólicos del fruto y hojas de Morinda citrifolia L. "noni" y cuantificación espectrofotométrica de los flavonoides totales. *UCV-SCIENTIA*, 2(2), 11-22.

- Rodríguez, S. C. T. (2021). Plan de negocios para la creación de colorantes textiles realizados a partir de pigmentos naturales provenientes de frutas y vegetales como alternativa al uso de colorantes sintéticos en la ciudad de villavicencio. "Samoan's colors". *Universidad de Santo Tomás*.
- Silvana, J. V. N. (2023). Extracción da partir de la remolacha Beta vulgaris por lixiviación. *Universidad Técnica del Norte*.
- Tenesaca Olivo, A. K., & Tito Moreno, P. E. (2021). Potenciales aplicaciones terapéuticas de antraquinonas naturales y sintéticas. *Univerdad Católica de Cuenca*.
- Tobijaszewska, B., Mills, R., & Jøns, J. (2018). El uso de la espectrometría para la medición simultánea del color y la composición en muestras de alimentos. *Analytics Beyond Measure*.
- Valdivieso Luna, D. A. (2020). *Aditivos naturales y sintéticos empleados por la industria avícola en américa para dar coloración de la yema de huevo* [bachelorThesis, Quito: Universidad de las Américas, 2020].
<http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/12604>
- Villota García, V. P., Bonilla Lucero, M. L., Segura Mestanza, J. H., Coba Carrera, R. L., & Brito Moina, H. L. (2019). Colorantes naturales para uso alimenticio. *Ciencia Digital*, 3(2.4), 88-98. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i2.4.510>
- Zaruma, P., Proal, J., Hernández, I. C., & Salas, H. I. (2018). Los Colorantes Textiles Industriales Y Tratamientos Óptimos De Sus Efluentes De Agua Residual: Una Breve Revisión. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*, 19, Article 19.

5. ANEXOS

Anexo 1

Extracción de corteza del árbol de Pochotaroki



Figura 21: Extracción de la corteza de Pochotaroki para estudios preliminares.



Figura 22: La corteza en la primera extracción.



Figura 23: La corteza con cambio de color al exponer al medio ambiente.



Figura 24: La corteza seca con un color final marrón oscuro.



Figura 25: Extracción de la corteza en madura para respectivo estudio definitivo



Figura 26: Con el árbol Pochotaroki del lugar de extracción.

Anexo 2

Panel fotográfico de las pruebas de laboratorio preliminares



Figura 27 : Evaluación cualitativa de caracterización de la corteza.



Figura 28 : Evaluación de saponina presente en la corteza de Pochotaroki.

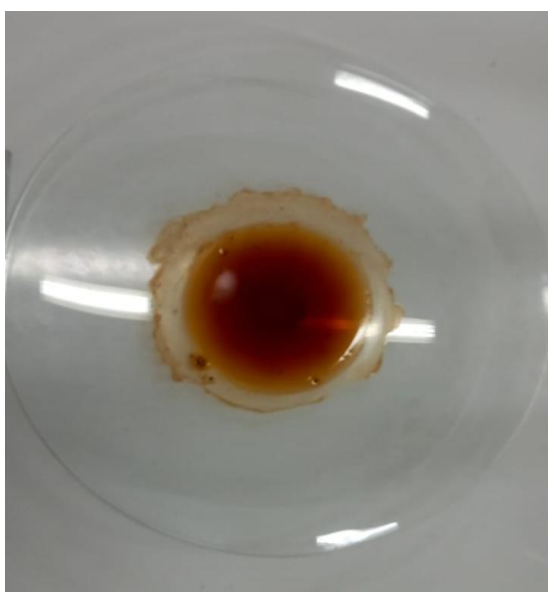


Figura 29: Evaluación de carotenoides, rojo, amarillo y marrón.



Figura 30: Evaluación de carotenoides de color amarillo.



Figura 31: Evaluación de flavonoides y antraquinonas presente en la corteza,



Figura 32: Evaluación final de la caracterización de la corteza de Pochotaroki.

Anexo 3

Panel fotográfico de la extracción del pigmento por lixiviación



Figura 33: Pesado de la materia prima para la extracción del pigmento.



Figura 34: Agitación de corteza para la extracción del pigmento.

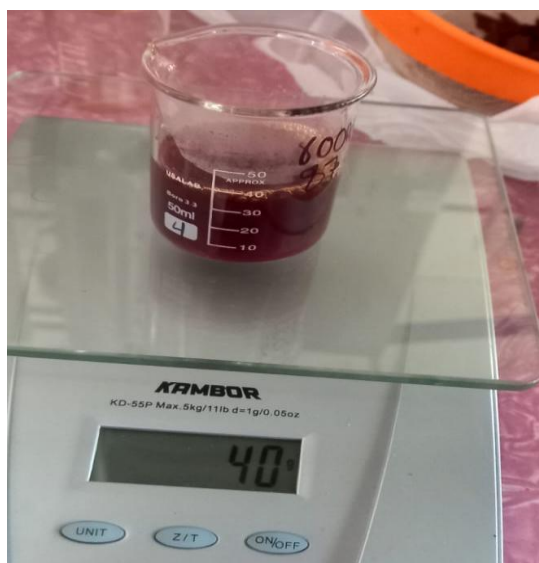


Figura 35: Pesado de refino para evaporar el agua.



Figura 36: Rotulado del refino para el secado.



Figura 37: Evaporación de agua de la extracción del refino en el Horno.



Figura 38: Pigmentos que quedan después de evaporar de diferentes pruebas.



Figura 39: Evaluación de la corteza por espectrofotometría.

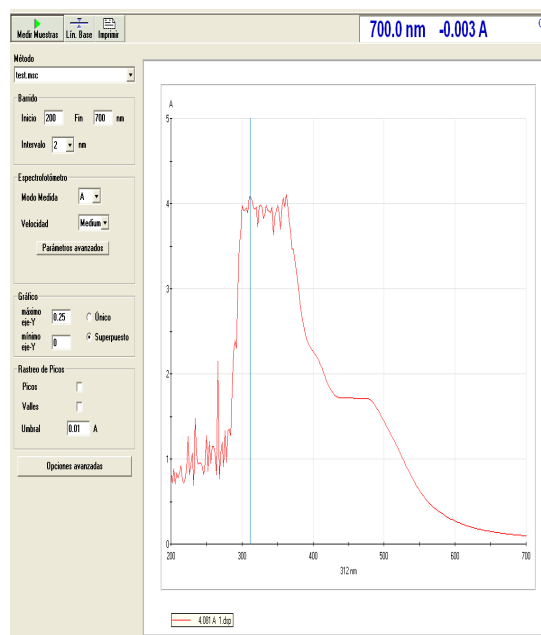


Figura 40: Resultados en espectrofotométricos para la caracterización del pigmento.

Anexo 4

Figura 41

Resultados de pruebas preliminares del laboratorio.

EDNA LEÓN PALOMINO

BIOLOGO MICROBIOLOGO, DOCENTE FACULTAD DE CIENCIAS
BIOLOGICAS – UNSCH

AYACUCHO PERU

Solicita; Bachiller Eder Velazque Quispe

DA CONSTANCIA

Que los resultados obtenidos en muestras de extracto acuosa de corteza de *Tetragastris altissima* "Pochotaroki" para la determinación cualitativa de pigmentos se realizaron las siguientes pruebas

REACCIÓN	SOLUCIÓN ORGÁNICA	ACIDO MINERAL	COLORACIÓN
Borntrager ANTRAQUINONA	CLOROFORMO	ACIDO SULFURICO	ROJA
SHINODA FLAVONOIDES	HIDROALCOHOLICA	ACIDO CLORHIDRICO	ROJA
Espuma SAPONINAS	ACUOSA	AUSENCIA	ESPUMA
CARBONATO DE CALCIO CAROTENOIDES	SISTEMA DE SOLVENTES	AUSENCIA	AMARILLO, ANARANJADO Y ROJO

Método del AOAC, 1980.

Del análisis efectuado, se concluye, la presencia de pigmentos naturales, como carotenoides, flavonoides, antraquinonas.

Se otorga la constancia a petición del interesado,
Ayacucho, mayo del 2025



Dra. Edna León Palomino

Colegio de Biólogos N° 1001

**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA
**QUÍMICA Y
METALURGIA****ACTA DE SUSTENCIÓN DE LA TESIS:**

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 3403-2024-UNSCH-CU)

Optimización de parámetros de extracción por lixiviación de pigmento de la corteza de pochotaroki (*Tetragastris altissima*)**Expositor: Eder Velasque Quispe****Bachiller en Ingeniería Agroindustrial****Expediente N° 2554336****Resolución Decanal N° 151-2025-UNSCH-FIQM/D****Fecha: 07-10-2025**

En la Sala de Conferencia "Pedro Villena Hidalgo" de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las dos de la tarde con cinco minutos del día jueves nueve de octubre del año dos mil veinticinco, se reunieron el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **Eder Velasque Quispe**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA, Dr. Percy Fermín VELASQUEZ CCOSI (Miembros) y Mg. Jorge Adalberto MALAGA JUAREZ (Miembro-Asesor), bajo la Presidencia del Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA (Decano de la FIQM), el Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE (Secretario-Docente).

Acto seguido, el Presidente del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **Optimización de parámetros de extracción por lixiviación de pigmento de la corteza de pochotaroki (*Tetragastris altissima*)**, presentado por el Bachiller **Eder Velasque Quispe**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 151-2025-UNSCH-FIQM/D.

Luego, el Presidente del Jurado invitó al Bachiller **Eder Velasque Quispe**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de treinta y cinco minutos.

Finalizado la exposición del Bachiller, el presidente invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Mg. Jorge Adalberto MALAGA JUAREZ (Miembro-Asesora-Ausente), Dr. Percy Fermín VELASQUEZ CCOSI y Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA (Miembros).

A continuación, el presidente del jurado invito al sustentante y al público para que se sirva abandonar la sala de conferencia con la finalidad de permitir al jurado de sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADO POR UNANIMIDAD PROMEDIO CATORCE (14).**

FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y METALURGIA
Av. Independencia s/n
Ciudad Universitaria

**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y
METALURGIA**ACTA DE SUSTENCIÓN DE LA TESIS:**

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 3403-2024-UNSCH-CU)

Optimización de parámetros de extracción por lixiviación de pigmento de la corteza de pochotaroki (*Tetragastris altissima*)**Expositor: Eder Velasque Quispe****Bachiller en Ingeniería Agroindustrial****Expediente N° 2554336 Resolución Decanal N° 151-2025-UNSCH-FIQM/D****Fecha: 07-10-2025**

Finalmente, el Presidente del Jurado dispuso que se invite al Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la sala de conferencias y anunció que, el Bachiller **Eder Velasque Quispe**, ha resultado **APROBADO POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con un flamante **INGENIERO AGROINDUSTRIAL** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo las cuatro de la tarde con quince minutos se dio por finalizado este acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:

.....
Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA
Presidente

.....
Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA
Miembro

.....
Dr. Percy Fermín VELASQUEZ CCOSI
Miembro

.....
Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE
(Secretario Docente)

**UNSCH****FACULTAD DE
INGENIERIA QUÍMICA
Y METALURGIA****ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**

La Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, emite la siguiente:

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Que, el egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial ha remitido, con el aval y por intermedio de su asesor de la Tesis M.Cs Jorge Adalberto MALAGA JUAREZ, se procedió a la evaluación de originalidad del archivo adjunto con el TURNITIN - UNSCH, de acuerdo a los criterios establecidos en el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU; cuyos resultados son:

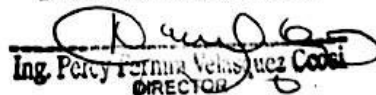
Tesis Optimización de parámetros de extracción por lixiviación de pigmento de la corteza de pochotaroki (*Tetragastris altissima*).

Nombre y Apellido : Bach. **Eder Velasque Quispe**
Identificador de entrega : 2799086198
Fecha : 31-oct-2025 11:19a.m. (UTC-0500)
Archivo : TESIS_DEPOSITADA_EDER_VELASQUE_QUISPE.pdf
(2.53M)

Se expide la presente constancia de originalidad, con reporte del 20% de ÍNDICE DE SIMILITUD realizado con Depósito de trabajos estándar, a fin de proseguir con los trámites pertinentes; cabe señalar que los documentos del procedimiento se archivan en el repositorio documental de la Escuela.

Ayacucho, 3 de noviembre del 2025

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL
DE HUAMANGA
F.P. INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**


Ing. Percy Retama Velásquez Ccoasi
DIRECTOR

C.c.
Const. N°008-2025
Archivo

**ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**
Av. Independencia S/N - Ayacucho
Telf. 086-303496
Correo: ep.agroindustrial@unsch.edu.pe

Optimización de parámetros de extracción por lixiviación de pigmento de la corteza de pochotaroki (*Tetragastris altissima*)

por Eder Velasque Quispe

Fecha de entrega: 31-oct-2025 11:19a. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2799086198

Nombre del archivo: TESIS_DEPOSITADA_EDER_VELASQUE_QUISPE.pdf (2.53M)

Total de palabras: 17229

Total de caracteres: 97889

Optimización de parámetros de extracción por lixiviación de pigmento de la corteza de pochotaroki (*Tetragastris altissima*)

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	13%
2	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	1%
4	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
5	docslide.us Fuente de Internet	1%
6	1library.co Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1%
8	portalacademico.cch.unam.mx Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.udaff.edu.pe Fuente de Internet	<1%
10	secgen.unajma.edu.pe Fuente de Internet	<1%
11	qdoc.tips Fuente de Internet	<1%

12

Fuente de Internet

<1 %

13

repository.uaeh.edu.mx

Fuente de Internet

<1 %

14

www.repositorio.usac.edu.gt

Fuente de Internet

<1 %

15

zagan.unizar.es

Fuente de Internet

<1 %

16

Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola

Trabajo del estudiante

<1 %

17

core.ac.uk

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo