



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA AGROINDUSTRIA

**“DESARROLLO DE COLORANTE NATURAL EN POLVO POR
ADSORCIÓN DE PIGMENTO DE GUARANGO (*Caesalpinia spinosa*)
SOBRE MATRIZ ARCILLOSA”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AGROINDUSTRIAL

AUTORA: ANDREA CAROLINA TORRES SANTILLÁN

DIRECTOR: DR. JUAN MARCELO RAMOS FLORES. MSc

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Andrea Carolina Torres Santillán

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Andrea Carolina Torres Santillán, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 19 de diciembre de 2023



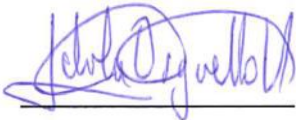


Andrea Carolina Torres Santillán

060633051-2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA AGROINDUSTRIA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración curricular; tipo: Trabajo experimental, “**DESARROLLO DE COLORANTE NATURAL EN POLVO POR ADSORCIÓN DE PIGMENTO DE GUARANGO (*Caesalpinia spinosa*) SOBRE MATRIZ ARCILLOSA**”, realizado por la señorita: **ANDREA CAROLINA TORRES SANTILLÁN**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dr. Byron Leoncio Díaz Monroy, Ph.D. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-12-19
Dr. Juan Marcelo Ramos Flores, M.Sc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR		2023-12-19
Ing. Paola Fernanda Arguello Hernández, M.Sc. ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR		2023-12-19

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación se lo dedico principalmente a mi hijo, Anderson Fernando Calle Torres, a quién amo demasiado y me dio fuerzas, inspiración para seguir adelante y poder lograr uno de mis tantos sueños. Dedico este trabajo a mis padres Holger y Mónica, que, a pesar de todos los obstáculos presentes en nuestras vidas, me han apoyado a lo largo de mi carrera, que han puesto toda su confianza en mí y me enseñaron que todo se puede en esta vida con esfuerzo. Dedico a mis hermanos Holger, José y Diego y mi pareja, Carlos, porque forman parte de este logro, ya que con su ayuda pude llegar hasta este punto junto con mi hijo. También quiero dedicar este logro a mis sobrinos Holger y Emilio que son mi adoración y me hacen muy feliz.

Andrea

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por abrirme las puertas y darme la oportunidad de estudiar en esta prestigiosa universidad, en donde me he formado como persona y profesional. Agradezco a mi Director de trabajo de Integración Curricular el Dr. Juan Marcelo Ramos Flores, quién ha sido mi mentor, mi guía en este proceso, por haberme tenido mucha paciencia, confianza, apoyarme en cada etapa en la ejecución de mi tesis y disponer de su tiempo para mis inquietudes. Agradezco a mi asesora de tesis la Ing. Paola Fernanda Arguello Hernández, por brindarme sus conocimientos, enseñanzas, confianza y sugerencias.

Andrea

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	3
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Justificación.....	3
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 <i>Objetivo general</i>.....	4
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>.....	4

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Colorantes.....	5
2.1.1 <i>Definición</i>.....	5
2.1.1.1 <i>¿Qué es un colorante?</i>.....	5
2.1.1.2 <i>Diferencia entre colorante, tinte y pigmento</i>.....	5
2.1.2 <i>Tipos de colorantes</i>.....	6
2.1.2.1 <i>Sintéticos</i>.....	6
2.1.2.2 <i>Naturales</i>.....	6
2.1.3 <i>Colorantes sólidos</i>.....	7
2.2 Guarango.....	7
2.2.1 <i>Descripción</i>.....	7
2.2.2 <i>Usos comunes</i>.....	8
2.2.2.1 <i>Usos maderables</i>.....	8
2.2.2.2 <i>Usos industriales (vainas y semillas)</i>.....	8
2.2.2.3 <i>Usos medicinales e industriales</i>.....	9

2.2.2.4	<i>Uso para conservación de los suelos</i>	9
2.2.2.5	<i>Otros usos</i>	9
2.2.2.6	<i>Las hojas</i>	9
2.2.3	<i>Uso como fuente de pigmentos</i>	9
2.3	Arcillas	10
2.3.1	Definición	10
2.3.2	Tipos	11
2.3.2.1	<i>Filosilicatos Bilaminares</i>	11
2.3.2.2	<i>Filosilicatos trilaminares</i>	11
2.3.2.3	<i>Filosilicatos tetralaminares</i>	12
2.3.3	Características	12
2.3.3.1	<i>Hinchamiento e Hidratación</i>	12
2.3.3.2	<i>Plasticidad</i>	13
2.3.3.3	<i>Adsorción</i>	13
2.3.4	Usos	13
2.3.4.1	<i>Tradicional</i>	13
2.3.4.2	<i>Industriales</i>	14
2.4	Adsorción	16
2.4.1	Definición	16
2.4.2	Diferencias entre adsorción y absorción	16
2.4.3	Tipos de adsorción	16
2.4.3.1	<i>Fisiadsorción, fisisorción o adsorción física</i>	16
2.4.3.2	<i>Quimiadsorción, quimisorción o adsorción química</i>	17
2.4.4	Factores que influyen	17
2.4.4.1	<i>Tipo de arcilla</i>	18
2.4.4.2	<i>pH</i>	19
2.4.5	Cuantificación	19
2.4.5.1	<i>Sobre la arcilla</i>	20
2.4.5.2	<i>Sobre el extracto</i>	20

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	21
3.1	Localización duración del experimento	21
3.2	Unidades experimentales	21
3.3	Materiales, equipos e instalaciones	21

3.3.1	<i>Materiales</i>	21
3.3.2	<i>Insumos</i>	21
3.3.3	<i>Equipos</i>	22
3.3.4	<i>Instalaciones</i>	22
3.4	Tratamientos y diseño experimental	22
3.5	Mediciones experimentales	23
3.5.1	<i>Análisis de espectrofotometría</i>	23
3.5.2	<i>Análisis de costo de producción</i>	24
3.6	Análisis estadísticos y prueba de significación	24
3.7	Procedimiento experimental	24
3.7.1	<i>Procesamiento de obtención del extracto del pigmento de guarango</i>	24
3.7.1.1	<i>Obtención de materia prima</i>	24
3.7.1.2	<i>Limpieza</i>	25
3.7.1.3	<i>Reducción de tamaño</i>	25
3.7.1.4	<i>Preparación de solvente</i>	25
3.7.1.5	<i>Extracción de colorante</i>	25
3.7.1.6	<i>Filtración del extracto</i>	25
3.7.2	<i>Adecuación de matrices arcillosas</i>	25
3.7.2.1	<i>Recolección de arcillas</i>	25
3.7.2.2	<i>Adecuación de las arcillas</i>	26
3.7.2.3	<i>Adsorción de pigmento</i>	26
3.8	Metodología de evaluación	26
3.8.1	<i>Análisis espectrofotométrico</i>	26
3.9	Análisis económicos	27
3.9.1	<i>Costo de la materia prima</i>	27
3.9.2	<i>Costo de la mano de obra</i>	27
3.9.3	<i>Cargos indirectos</i>	27

CAPITULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS Y DISCUSIONES	28
4.1	Análisis previos a la evaluación del colorante	28
4.1.1	<i>Barrido espectral de los extractos</i>	28
4.1.2	<i>Curva de calibración de los extractos</i>	28
4.1.3	<i>Lecturas de concentraciones de los extractos según el origen de arcillas</i>	29

4.2	Evaluación de la retención del color del guarango.	30
4.2.1	<i>Por efecto del origen de arcilla.</i>	30
4.2.2	<i>Por efecto del tipo de extracto</i>	31
4.2.3	<i>Por efecto del tiempo</i>	31
4.2.4	<i>Por el efecto combinado origen-tipo</i>	32
4.2.5	<i>Por efecto combinado origen-tiempo</i>	32
4.2.6	<i>Por el efecto combinado extracto-tiempo</i>	33
4.2.7	<i>Por el efecto combinado origen-extracto-tiempo</i>	34
4.3	Gama de colores obtenidos	34
4.4	Análisis de costo de producción del prototipo de colorante	38
	CONCLUSIONES	39
	RECOMENDACIONES	40
	GLOSARIO	
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Colorantes azoicos y colorantes no azoicos.	6
Tabla 2-2: Colorantes hidrosolubles, los liposolubles y los minerales.	7
Tabla 2-3: Uso de los distintos tipos de arcillas.....	14
Tabla 2-4: Diferencia entre adsorción física y adsorción química.....	17
Tabla 3-1: Esquema del experimento.....	23
Tabla 3-2: Esquema del ADEVA.....	24
Tabla 3-3: Localización de muestras de arcillas.	26
Tabla 4-1: Retención de colorante de guarango por aplicación de mineral arcilloso natural. ...	29
Tabla 4-2: Retención de color en el colorante en polvo por efecto del origen de arcilla.....	30
Tabla 4-3: Retención de color en el colorante en polvo por efecto del tipo de extracto.....	31
Tabla 4-4: Retención de color en el colorante en polvo por efecto del tiempo.....	32
Tabla 4-5: Retención de color en el colorante en polvo por efecto combinado origen-extracto	32
Tabla 4-6: Retención de color en el colorante en polvo por efecto combinado origen-tiempo.	33
Tabla 4-7: Retención de color en el colorante en polvo por efecto combinado extracto-tiempo	33
Tabla 4-8: Retención de color en el colorante en polvo por efecto combinado origen-extracto-tiempo.....	34
Tabla 4-9: Gammas cromáticas de los colores obtenidos de las arcillas naturales, según su origen.	35
Tabla 4-10: Gammas cromáticas de los colores obtenidos a partir de la extracción de guarango por adsorción de matriz arcillosa.	35
Tabla 4-11: Costo de producción del mejor tratamiento, extracto acuoso (Licán, 2 horas).	38
Tabla 4-12: Costo de producción del mejor tratamiento, extracto etanólico (San Juan, 1 hora)	38

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Guarango (<i>Caesalpinia spinosa</i>).	8
Ilustración 2-2: Estructura de arcilla	10
Ilustración 4-1: Curva de calibración de extracto acuoso y extracto etanólico.....	28

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: EXTRACCIÓN DE COLORANTE DE GUARANGO.

ANEXO B: BARRIDO ESPECTRAL DE EXTRACTO ACUOSO Y EXTRACTO ETANÓLICO.

ANEXO C: ADECUACIÓN DE ARCILLA

ANEXO D: DILUCIONES PARA CURVA DE CALIBRACIÓN

ANEXO E: ADSORCIÓN, DILUCIÓN Y ESPECTROFOTOMETRÍA

ANEXO F: COLORANTE EN POLVO

ANEXO G: TABLA ANOVA

RESUMEN

Existe una demanda creciente por productos y procesos industriales más respetuosos con el medio ambiente. Por ello, debido a la tendencia por el uso de productos ecológicos, se ha comenzado a utilizar colorantes naturales. Para ello, el fenómeno de adsorción permite la utilización de arcillas como un vehículo para la fijación de colorantes, en este caso, colorante obtenido a partir de las vainas del guarango. El objetivo de esta investigación fue obtener un colorante natural en polvo a partir de pigmento de guarango (*Caesalpinia spinosa*) adsorbido en matriz arcillosa. El estudio se realizó en el Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH, en donde se utilizaron 8 g de adsorbente y 80 ml de extracto para cada unidad experimental con 3 repeticiones por cada muestra. Para la elaboración del colorante natural en polvo se realizó aplicando diferentes combinaciones de los factores: origen de arcilla, tipo de extracto y tiempo de adsorción, en donde los extractos se obtuvieron por maceración (96 horas) y se llevó a adsorber durante el tiempo estimado de cada tratamiento. Los resultados indicaron mediante el análisis de varianza que la interacción de los efectos combinados extracto-tiempo presenta diferencias significativas en la retención de color. En donde se determinó que la combinación de factores que logró la máxima adsorción del extracto acuoso fue Licán – Acuoso - 2 horas, con 85,63% de retención de color, con un costo de producción estimado de \$19,40 por kg; mientras que en el extracto etanólico tuvo mayor retención de color fue San Juan - Etanólico - 1 hora con 80,94%, con un costo estimado de \$21,35 por kg. Se observó un comportamiento no previsto en el caso del extracto acuoso, recomendándose realizar estudios adicionales del efecto que puede tener la acidez del medio sólido sobre la pigmentación obtenida.

Palabras clave: < ARCILLA >, < ADSORCIÓN >, < EXTRACTO >, < RETENCIÓN >, < GUARANGO (*Caesalpinia spinosa*) >.



0179-DBRA-UPT-2024

ABSTRACT

There is a growing demand for industrial products and processes that are more environmentally friendly, which increases the trend for ecological product use. This situation has made that natural dyes have begun to be employed. The phenomenon of adsorption allows the utilization of clays as a vehicle for the fixation of natural dyes, in this case, dye obtained from *guarango* pods. For this reason, this research aimed to get a powdered natural dye from *guarango* pigment (*Caesalpinia spinosa*) adsorbed on a clay matrix. The optimal place to conduct this research was the Laboratory of Bromatology and Animal Nutrition of the Faculty of Animal Sciences at ESPOCH. The Research process included using 8 g of adsorbent and 80 ml of extract for each experimental unit, with three replicates for each sample. Clay origin, type of extract, and adsorption time were the combinations used to produce the powdered natural dye whose extracts resulted from maceration (96 hours) and were adsorbed for the estimated time of each treatment. The findings indicated, through analysis of variance, that the interaction of the combined effects of extract time presents significant differences in color retention. It was determined that the combination of factors that achieved the maximum adsorption of the aqueous extract was Licán - Aqueous - 2 hours, with 85.63% color retention, with an estimated production cost of \$19.40 per kg, while for the ethanolic extract, the highest color retention was observed for San Juan - Ethanolic - 1 hour with 80.94%, with an estimated cost of \$21.35 per kg. An unexpected behavior was observed in the case of the aqueous extract, suggesting further studies on the effect of solid medium acidity on the obtained pigmentation.

Keywords: < CLAY >, < ADSORPTION >, < EXTRACT >, < RETENTION >, < GUARANGO (*Caesalpinia spinosa*) >



Lic. Mónica Logroño Becerra. Mgs

060274953-3

0179-DBRA-UPT-2024

INTRODUCCIÓN

De manera general se puede indicar que existen colorantes sintéticos y colorantes de origen natural. Los colorantes sintéticos se producen aplicando reacciones de síntesis orgánica y tienen una muy amplia variedad de usos. Su preferencia por sobre los colorantes naturales se ha debido a varias ventajas como el bajo costo, buen desempeño y alta disponibilidad; pero desde hace más de una década, han sido cada vez mayores los cuestionamientos a su uso debido a su toxicidad y baja biodegradabilidad (Dománico et al., 2013, p. 2).

En la actualidad existe una gran demanda por productos y procesos industriales más respetuosos con el medio ambiente y existe una fuerte tendencia a intentar sustituir los tintes sintéticos por tintes naturales, ya que estos colorantes no solo son de baja toxicidad, sino también biodegradables, renovables y no derivados del petróleo (Dománico et al., 2013, p. 2). A esto se puede agregar una ventaja adicional: el que se pueden obtener de los desechos agroindustriales o agrícolas, como es el caso de la vaina del guarango utilizado para la curtiembre de cueros (Arteaga, 2015, p. 74). Al hacer uso de este tipo de fuentes naturales, no únicamente se puede aprovechar su color, sino también el valor medicinal como coadyuvante en la prevención de enfermedades (Arun, 2007, p. 1).

Los colorantes naturales se pueden utilizar para colorear alimentos, medicamentos o cosméticos. Otra aplicación interesante es su uso para el teñido de productos en industrias como la textil, del plástico, del caucho, del cuero, de pinturas, del papel y de la madera, donde el proceso de teñido se realiza sin el uso de mordientes (Dománico et al., 2013, pp. 2-3). Una propiedad de este tipo de tinte natural en polvo es que, al ser soluble, puede dosificarse y proporciona una tinción reproducible y sin el uso de mordientes tóxicos (Arun, 2007, p. 1).

Según (Balmaceda, 2021, p. 10), los minerales de arcilla desde la antigüedad se han utilizado para diversos fines, gracias a sus excelentes propiedades físicas y químicas, tanto en terapias, estética y cosmética, así como en campos como la arquitectura, sistemas para retener contaminantes, etc. Una de las aplicaciones tecnológicas de las arcillas es la adsorción de una variedad de especies químicas, que van desde metales pesados, fármacos, iones e incluso colorantes.

Fuentes bibliográficas señalan que la alta capacidad de adsorción de las arcillas naturales, activadas o modificadas ofrece un costo mucho menor que las alternativas sintéticas. En todo el país se puede encontrar diferentes rocas compuestas por variados minerales aluminosilicatos con potencial aplicación para la adsorción y consiguiente obtención de colorantes sólidos. Para ello,

la retención de colorantes orgánicos presentes en un medio va a depender no solo de sus propiedades fisicoquímicas sino también de las propiedades que actúan como adsorbente (Martínez, 2017, p. 2). Con estos antecedentes se planteó el presente trabajo de Integración Curricular, cuyo objetivo general es obtener colorante natural en polvo a partir de pigmento de guarango (*Caesalpinia spinosa*) adsorbido en matriz arcillosa. Definiendo como objetivos específicos: elaborar de 21 prototipos de colorante natural en polvo aplicando diferentes combinaciones de factores: origen de la matriz, tipo de extracto y tiempo de adsorción; determinar la combinación de factores que logre una máxima adsorción de pigmento con base en las propiedades físicas y químicas de cada colorante obtenido; y estimar el costo de producción del colorante en el que se logró máxima adsorción.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

Con el uso generalizado de colorantes sintéticos, la importancia de los colorantes naturales en la industria textil ha disminuido, pero en los últimos 10 años el uso de colorantes naturales por las industrias alimenticias, médicas y cosméticas ha aumentado a escala mundial.

La industria alimentaria elige trabajar en la producción con colorantes sintéticos en lugar de colorantes naturales debido a que son más económicos, brindan brillo intenso a los productos y son más resistentes. Sin embargo, varios de estos colorantes sintéticos para la industria alimentaria han dejado de usarse por sospecharse que sean tóxicos. De acuerdo a la política de la Administración de Drogas y Alimentos de EE UU solo nueve se encuentran aprobados para su uso en alimentos, y aún menos han sido aprobados según las regulaciones de la Unión Europea (Industria alimentaria, 2021, p. 2).

Los colorantes de tipo azo son importantes porque se usan ampliamente en varios tipos de industrias, como en la textil. En esta industria, en el proceso de teñido, una cierta cantidad de colorante se desaprovecha y se descarga en las aguas residuales. Su presencia en el agua no solo es un problema físico, sino también un problema químico y biológico, ya que interfiere en el proceso fotosintético (Martínez et al., 2012, p. 1).

En la actualidad, debido a la tendencia por el uso de productos ecológicos, se ha comenzado a utilizar colorantes naturales en la industria textil. El creciente uso de estos colorantes ha incrementado la demanda y en algunos casos ha creado problemas de oferta en el mercado mundial (Vejar et al., 2016, p. 1). Los colorantes naturales son una alternativa de interés debido a su biodegradabilidad y baja toxicidad, y estos tintes se pueden usar para teñir fibras naturales o sintéticas (Guerrero, 2011, p. 2).

1.2 Justificación

El objetivo del presente trabajo de Integración Curricular fue obtener un colorante natural en polvo mediante la adsorción del pigmento de guarango sobre una matriz arcillosa como contribución al desarrollo de alternativas ecológicas a colorantes tradicionales. A lo largo de los años, el interés a nivel mundial por productos y procesos respetuosos con el medio ambiente ha crecido. En el caso de los colorantes naturales, la demanda ha aumentado debido a que se ha

desestimulado el interés en utilizar colorantes sintéticos debido a preocupaciones sobre efectos carcinogénicos y mutagénicos.

En la investigación se hizo uso de materiales arcillosos provenientes de tres sectores del cantón Riobamba: San Juan, Calpi y Licán, en conjunto con extracto de guarango, especie nativa de la región. El trabajo se efectuó en apoyo de las comunidades andinas beneficiadas por el Proyecto Evaluación Productiva y Ambiental para la Cadena de Valor de la Fibra de la Alpaca en la Provincia de Chimborazo, Ecuador y el Departamento de Cusco, Perú. Es así que el desarrollo de un colorante natural basado en ingredientes e insumos de la región generaría valor agregado al generar colorantes ecoamigables obtenidos a partir de materiales autóctonos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Obtener colorante natural en polvo a partir de pigmento de guarango (*Caesalpinia spinosa*) adsorbido en matriz arcillosa.

1.3.2 Objetivos específicos

- Elaborar 18 prototipos de colorante natural en polvo aplicando diferentes combinaciones de los factores: origen de la matriz arcillosa, tipo de extracto de guarango y tiempo de adsorción.
- Determinar la combinación de factores que logre una máxima adsorción del pigmento de guarango sobre la matriz con base en las propiedades físicas y químicas de cada colorante natural en obtenido.
- Estimar el costo de producción del colorante en el que se logró la máxima adsorción.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Colorantes

2.1.1 Definición

2.1.1.1 ¿Qué es un colorante?

El colorante es una sustancia que se aplica a cualquier objeto para lograr un cambio permanente en su color original, y en diversas aplicaciones se puede disolver o dispersar en un líquido para difundirlo en el cuerpo para colorearlo (Paredes, 2002, p. 16).

2.1.1.2 Diferencia entre colorante, tinte y pigmento

Existe cierta confusión respecto al uso de los términos tinte, colorante y pigmento. El término de colorante es más amplio, ya que cubre la comprensión tradicional del contenido de los tintes y los pigmentos. Por lo tanto, estos dos materiales son colorantes, porque son característicos no sólo porque tienen color sino porque además dan color a otros materiales. Sin embargo, presentan ciertas diferencias conceptuales (Cornago et al., 2016, p. 101).

- **Tintes:** Estas sustancias (generalmente sustancias orgánicas) tienen color debido a cambios en la estructura molecular, lo cual permite que la luz visible interactúe con orbitales moleculares específicos.
- **Pigmentos:** estos compuestos contienen metales, generalmente de transición. El color viene determinado por un mecanismo diferente al anterior, en este caso por el cambio en los orbitales d de metales de su composición.
- **Colorantes:** estos materiales absorben y emiten energía electromagnética dentro del rango visible (Robayo, 2016, p. 31).

Los pigmentos, comúnmente utilizados en barnices y pinturas, suelen ser sólidos y no se disuelven en el medio sobre el que se va a dar el color correspondiente (formando una suspensión), y el color que imparten aparece únicamente en la superficie sobre la que se aplican. Mientras tanto, los tintes se disuelven en el portador (resultando así una disolución) y se usan a menudo para teñir las fibras, desde su interior y no sólo en la superficie (Robayo, 2016, p. 31).

2.1.2 Tipos de colorantes

2.1.2.1 Sintéticos

Debido a la presencia de grupos de ácido sulfónico, los colorantes artificiales son solubles en agua, y por lo tanto, fáciles de usar, por lo general en forma de sales sódicas, en líquidos y materiales pastosos. Este tipo de colorantes se encuentran en forma soluble cuando se agregan a productos sólidos como pinturas con hidróxido de aluminio, evitando que se destiñan. Los colorantes artificiales no solo son más fáciles de trabajar, sino que a menudo son más sólidos al pH, tratamiento térmico, luz, etc., a diferencia de los colorantes de origen natural. Solo la eritrosina, la indigotina y el verde ácido brillante son relativamente sensibles a la acción de la luz (Sanchez, 2013 pp. 238-239).

Tabla 2-1: Colorantes azoicos y colorantes no azoicos.

COLORANTES SINTÉTICOS AZOICOS	
Tartrazina (E102)	Rojo allura AC (E129)
Amarillo anaranjado S o amarillo sol FCF (E110)	Negro brillante BN (E151)
Azorrubina, carmoisina (E122)	Marrón FK (E154)*
Amaranto (E123)	Marrón HT (E155)*
Rojo cochinilla A o rojo Ponceau 4R (E124)	Litol Rubina BK (E180)**
Rojo 2G (E128)*	
COLORANTES SINTÉTICOS NO AZOICOS	
Amarillo de quinoleína (E104)	Indigotina o carmín de índigo (E132)
Eritrosina (E127)	Azul brillante FCF (E133)
Azul patentado V (E131)	Verde ácido brillante BS (E142)

Fuente: (Sanchez, 2013, pp. 238-239).

Realizado por: Torres, A, 2023

2.1.2.2 Naturales

Este tipo de colorantes son de origen plantas, animal o mineral, o sintéticos, ya sean productos de modificación química o físicamente (Sanchez, 2013, p. 238). Pueden incluirse dentro de los siguientes grupos los productos usados como aditivos:

- Productos naturales, comprenden polvos o fragmentos de vegetales comestibles o no, zumos de frutas o vegetales, minerales pulverizados, fragmentos de insectos.
- Extractos de productos naturales y sus concentrados. Los polvos obtenidos por desecación también pertenecen a este grupo.

- Colorantes purificados de los extractos (son poco utilizados).
- Equivalentes sintéticos de los colorantes naturales.
- Derivados químicos de los colorantes naturales (Marcano, 2018, p. 138).

En los colorantes de origen natural se puede distinguir los de tipo hidrosolubles que son aquellos que son solubles en agua; los liposoluble, aquellos que son solubles en la grasa y los de tipo mineral (Sanchez, 2013, pp. 238-239).

Tabla 2-2: Colorantes hidrosolubles, los liposolubles y los minerales.

COLORANTES NATURALES HIDROSOLUBLES	
Curcumina (E100)	Riboflavina, lactoflavina o B2 (E101)
Cochinilla o ácido carmínico (E120)	Caramelo (E150)
Betanina o rojo de remolacha (E162)	Antocianos (E163)
COLORANTES NATURALES LIPOSOLUBLES	
Clorofilas (E140 y 141)	Carotenoides (E160)
Xantofilas (E161)	
MINERALES	
Carbón vegetal (E153)	Carbonato cálcico (E170)
Dióxido de titanio (E171)	Óxidos e hidróxidos de hierro (E172)
Aluminio (E173)	Plata (E174)
Oro (E175)	

Fuente: (Sanchez, 2013, p. 238)

Realizado por: Torres, A, 2023

2.1.3 Colorantes sólidos

Se define a los colorantes como sustancias químicas que se encuentran ya sea en forma líquida o sólida que presentan variedades de colores. Los colorantes de tipo sólido por lo común se presentan en forma de cristales o de un polvo arenoso. Por lo general algunos colorantes presentan un olor muy fuerte mientras que otros no huelen a nada (Hesperian, 2022, p. 1).

2.2 Guarango

2.2.1 Descripción

La tara, taya o guarango es una especie forestal andina *Prosopis laevigata*, que se encuentra en Bolivia, Ecuador y Perú. El guarango es un árbol en el cual se obtienen variedades de productos a partir de sus semillas y vainas, por lo general la extracción de un tanino que se utiliza para el

proceso de curtiembre y una goma que se utiliza en la industria alimentaria. Debido a la forma de sus semillas, el nombre tara deriva del aimara que significa "achatada" o "aplanada" (Arteaga, 2015, p. 58).

Se conoce que Ecuador existen árboles a lo largo de toda la región Sierra, aunque las principales provincias productoras son Imbabura, Loja y Chimborazo.



Ilustración 2-1: Guarango (*Caesalpinia spinosa*).

Fuente: (Ecuadorecológico, 2010, p. 1)

2.2.2 Usos comunes

En la actualidad, por su importancia en la parte económica, su uso se ha extendido. Utilizando en su mayoría las vainas secas para la obtención de los taninos para el proceso de curtiembre de cueros y, para la obtención de goma, se hace uso de las semillas como aditivo de alimentos (Torre, 2018, p. 7).

2.2.2.1 Usos maderables

En algunas provincias de Ecuador se utiliza para la elaboración de lápidas por su gran resistencia natural; también se usa para leña por su alta capacidad calorífica. Por lo general la madera de la tara es utilizada para artesanías y construcción de estructuras, piezas o partes de piezas para herramientas y postes para cercas. (Loján, 2012, p. 65).

2.2.2.2 Usos industriales (vainas y semillas)

Se utilizan para la elaboración de esmaltes, jabones, pinturas y, por su propiedad anticorrosiva, se utilizan para tintes de imprenta. La proteína de las semillas en polvo se utiliza en la industria

alimentaria como espesante debido a su alto contenido de almidón; para la elaboración de salsa de tomate, mantecas y margarinas comestibles por su contenido de ácido oleico; como sustituto de la malta para dar cuerpo a la cerveza, mayonesas; como clarificador de vinos, entre otros. La harina de las vainas por su alto contenido de taninos es usada para la industria de curtiembre de cueros; los frutos frescos se utilizan como tinte para tejidos; también se utiliza como fijador en el proceso de teñido de tejidos de lana y, la corteza y vainas, para algodón. (Martinez, 2022, p. 10).

2.2.2.3 Usos medicinales e industriales

A menudo se usa en medicina tradicional para aliviar dolores de garganta, infecciones vaginales y micóticas, sinusitis, lavado de heridas crónicas, dolor de estómago y muelas. Para uso industrial se ha integrado en medicamentos gastroenterológicos para curar úlceras, cicatrizantes por sus efectos astringentes, antiinflamatorios, antisépticos, antidiarreicos, antimicóticos, antibacterianos, odontológicos y antidisentéricos (Martinez, 2022, p. 11).

2.2.2.4 Uso para conservación de los suelos

Es muy útil para mejorar los suelos, aportando nitrógeno al suelo; también se utiliza para cultivos agroforestales y en la ganadería para brindar sombra a estos animales (Martinez, 2022, p. 11).

2.2.2.5 Otros usos

La tara es una especie melífera por lo que se puede combinar con la apicultura ya que puede ser usada para la producción de miel (Martinez, 2022, p. 11).

2.2.2.6 Las hojas

Son utilizadas como alimento para el ganado vacuno y caprino (Martinez, 2022, p. 11).

2.2.3 Uso como fuente de pigmentos

Los Incas supieron aprovechar los colores naturales de plantas y animales y fijarlos en los tejidos de lana y algodón. Una de las plantas utilizadas fue la tara con la que lograron tintes que van del negro hasta el amarillo (Medina et al., 2019, p. 26).

La harina del guarango o tara, el cual resulta de la molienda de sus vainas secas, puede llegar a tener hasta un 60% de taninos. Como una fuente de tintes las vainas de la tara contienen una

sustancia llamada tanino, la cual es utilizada para teñir de color negro. Las raíces pueden teñir de color azul oscuro (Peruecológico, 2009, p. 1). El guarango se ha utilizado como fuente de pigmento en diferentes aplicaciones:

- **Pigmento anticorrosivo:** El tanino de tara se ha utilizado como precursor de un pigmento anticorrosivo para acero SAE 1010 en pinturas industriales (Alessandro et al., 2018, p. 2).
- **Pigmento en pinturas:** El polvo de tara se ha utilizado como pigmento en pinturas (Vásquez, 2019, p. 15).
- **Pigmento en textiles:** El extracto de tara se ha utilizado como fuente de pigmento en la industria textil para teñir fibras naturales y sintéticas (Vásquez, 2019, p. 15).
- **Pigmento en alimentos:** El extracto de tara se ha utilizado como fuente de pigmento en la industria alimentaria para dar color a productos como bebidas, dulces y helados (Vásquez, 2019, p. 15).

2.3 Arcillas

2.3.1 Definición

Según (Guggenheim et al., 1995 p. 258) “El término arcilla refiere a un material de origen natural compuesto principalmente de minerales de grano fino (menor a $4\mu\text{m}$) el cual es generalmente plástico con un contenido de agua apropiado y que se endurece al ser secado al aire o calcinado. Aunque la arcilla generalmente contiene filosilicatos como grupo mayoritario (una sola especie o una mezcla de los mismos) puede contener otros materiales”.

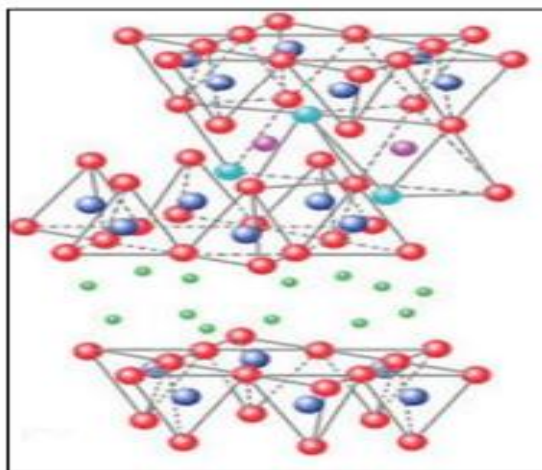


Ilustración 2-2: Estructura de arcilla

Fuente: (Balmaceda, 2021, p. 1)

2.3.2 Tipos

Los tipos de arcillas se clasifican de acuerdo a su distribución estructural.

2.3.2.1 Filosilicatos Bilaminares

a. Caolinitas

Estas arcillas se forman por el recubrimiento de las láminas alumínicas y sílicas. La unión de las láminas debido a su fuerza, no permite la penetración de moléculas o iones entre las capas (Lara, 2018, p. 23).

b. Illitas

Este tipo de arcillas están formadas por la presencia entre dos sílicas de una sola lámina alumínica. Debido a su reducida área expuesta frente al agua, presentan una limitada expansión (Lara, 2018, p. 23).

2.3.2.2 Filosilicatos trilaminares

a. Vermiculitas

Grupos de hidrosilicatos que se encuentran formados por magnesio o hierro de color miel y estructura laminar. Al ser calentada a altas temperaturas, presenta una capacidad de expansión aumentada (Lara, 2018, p. 23).

b. Esmectitas

Grupo de filosilicatos donde sus composiciones pertenecen tanto a los silicatos magnésicos como alumínicos hidratados de sodio, magnesio, hierro, calcio y litio. En su estructura todas las posiciones de la capa tetraédrica están ocupados por átomos de silicio y las posiciones de la capa octaédrica están ocupadas por átomos de aluminio. este grupo de arcillas otra característica que presenta es que eléctricamente neutras (Lara, 2018, p. 24).

c. Sepiolitas

Químicamente este tipo de arcillas son un silicato de magnesio con propiedades reológicas, el cual poseen colores varios como amarillo, verde o rosa y se presentan en forma fibrosa (Lara, 2018, p. 24).

d. Atapulgitas

Las capas tetraédricas se distribuyen en bandas continuas uniéndose entre sí. Tiene una estructura 2:1 formada por estructuras de tetraedros de cadena doble los cuales se extienden en una sola dirección (Lara, 2018, p. 24).

2.3.2.3 Filosilicatos tetralaminares

a. Cloritas

Este tipo de arcillas se encuentra abundantes en los sedimentos del océano pacífico, pertenece al grupo de filosilicatos tetralaminares, presenta una variación en la capa unitaria señalando la presencia de reemplazos isomórficos en la capa octaédrica, la clorita presenta una composición triocataédrica (Lara, 2018, p. 24).

2.3.3 Características

2.3.3.1 Hinchamiento e Hidratación

Todas las arcillas tienen la capacidad de adherir moléculas de agua a su superficie, pero sólo algunas las introducen en su estructura (Rodríguez, 2018, p. 14).

Estas propiedades son muy importantes en diversas aplicaciones industriales. El hinchamiento e hidratación del espacio interlaminar son características de las esmectitas, aunque esta característica de la arcilla ocurre independientemente del tipo de catión de cambio presente. El grado de hidratación está relacionado con la naturaleza del catión interlaminar y a la carga de la lámina (Suárez, 2002, p. 10).

Lo que provoca la separación de las láminas es la absorción de agua en el espacio interlaminar en el cual se produce el hinchamiento. Este proceso va a depender del equilibrio entre la atracción electrostática catión-lámina y la energía de hidratación del catión. A medida que se intercalan

capas de agua y la separación entre las láminas aumenta, las fuerzas dominantes es la repulsión electrostática entre láminas, que ayuda a que el proceso de hinchamiento pueda llegar a separarse completamente unas láminas de otras (Suárez, 2002, p. 10).

2.3.3.2 Plasticidad

Esta propiedad se debe a que el agua forma una capa sobre las partículas laminares creando un efecto lubricante que favorece al deslizamiento de unas partículas sobre otras cuando se aplica un esfuerzo sobre ellas.

Esta propiedad en las arcillas se debe, nuevamente, a su morfología laminar, tamaño de partícula extremadamente pequeño (elevada área superficial) y alta capacidad de hinchamiento (Suárez, 2002, p. 9).

2.3.3.3 Adsorción

Un amplio campo de aplicación de las arcillas es el sector de los absorbentes, ya que pueden absorber agua u otras moléculas en su espacio interlaminar (esmectitas) o en los canales estructurales (sepiolita y paligorskita) (Suárez, 2002, pp. 9-10).

La capacidad de absorción está directamente relacionada con la superficie específica y porosidad y se puede caracterizar como dos procesos que difícilmente se dan de forma aislada: absorción (cuando se trata fundamentalmente de procesos físicos como la retención por capilaridad) y adsorción (cuando la adsorción ocurre cuando hay una interacción química entre el adsorbente, en este caso la arcilla, y el líquido o gas adsorbido, denominado adsorbato).

La capacidad de adsorción se expresa como porcentaje de adsorbato respecto a la masa y depende, para una misma arcilla, de la sustancia de que se trate. La absorción de agua de arcillas absorbentes es mayor del 100% con respecto al peso (Suárez, 2002, pp. 9-10).

2.3.4 Usos

2.3.4.1 Tradicional

Desde la antigüedad ya comenzó a ser usada para la creación de distintos objetos, ya que al estar húmeda permitía moldearse para después pasar a secarse en edificaciones, ladrillos, tablas, jarras, tumbas, obras de arte, vasijas, recipientes, etc. Esta se podía manejar una vez que ha tomado

una estructura sólida y rígida (Fernández, 2019, p. 1). En la actualidad existen muchos usos potenciales para las arcillas Algunos de estos son:

- **La piel:** las propiedades de la arcilla son excelentes para la creación de productos que benefician y curan la piel en algunas situaciones.
- **Procesos industriales:** desde mucho antes se utilizaba en la construcción o elaboración de distintos utensilios o elementos.
- **Protector:** la arcilla protege contra la radiación dañina, ya que las absorbe e impide que estas puedan causar daño a cualquiera que este expuesto a ellas.
- **El dolor:** su uso dependerá de la temperatura a la que se encuentre. Puede aplicarse como una crema capaz de aliviar los dolores y eliminar las impurezas.
- **Desinfectante para bebés:** para este tipo de productos la arcilla fina suele resultar más práctica que el talco utilizado para las irritaciones de los niños o recién nacidos (Fernández, 2019, p. 2).

2.3.4.2 *Industriales*

La arcilla tiene una amplia gama de aplicaciones en el ámbito industrial, se utiliza como materia prima para la fabricación de productos cerámicos, como ladrillos, tejas, baldosas, tubos, alfarería, azulejos, entre otros productos de construcción y decoración. También se utiliza en la producción de productos farmacéuticos y cosméticos, como agente clarificador, en la elaboración de cremas, mascarillas y jabones. Además, la arcilla se utiliza en la industria petrolera para la producción de lodos de perforación; un uso importante de arcilla es el empleo en la purificación de aceites y como agentes filtrantes.

También son vehículos para distribuir fertilizantes, ya que absorben los micronutrientes y los distribuyen de manera eficiente en el suelo; además de ser un excelente material para impedir la filtración en el fondo de balsas, canales, vertederos y estanques de agua al crear una capa de suelo.

En la industria agrícola, se emplea como componente de pesticidas, abonos, fertilizantes sólidos y como sellador de suelos. Las aplicaciones industriales de las arcillas de acuerdo a su clasificación como se puede observar en la tabla 2-3:

Tabla 2-3: Uso de los distintos tipos de arcillas.

Usos industriales	Campo de aplicación
Arcillas comunes (o crudas)	Cerámica de construcción (tejas, ladrillo, baldosas)
	Alfarería tradicional
	Cementos
	Papel
	Cerámica, Construcción
	Fundición
	Pinturas
	Aislantes
	Polímeros
	Caolín (grupo de las caolinitas)
Agroindustria, Petroquímica, Farmacéutica	
Catalizadores	
Fibra de vidrio	
Síntesis química	
Telas	
Tintas y otros	
Arenas de moldeo	
Lodos de perforación	
Pelletización	
Bentonitas (grupo de las esmectitas)	Absorbentes
	Material de sellado y relleno
	Material contenedor
	Alimentación humana y animal
	Catálisis
Hectorita (grupo de las esmectitas)	Farmacéutica y otros
	Petrolera
	Fundición
Montmorillonitas (grupo de las esmectitas)	Síntesis química
	Decolorización y desodorización
	Agroindustria, Farmacéuticos, Cosméticos, Petrolera
Paligorskitas (atapulgitas) y sepiolitas	Pinturas
	Construcción
	Electricidad, Otros

Fuente: (Ramos F., 2018 pp. 13-16)

Realizado por: Torres, A, 2023

2.4 Adsorción

2.4.1 Definición

La adsorción es uno de los procesos químicos más importantes, que determina la disponibilidad de plaguicidas, metales, nutrientes y compuestos orgánicos, afectando el transporte de los mismos. En los procesos de adsorción se ven involucradas interacciones tanto físicas como químicas (Brown, 2011, p. 13).

Se puede conceptualizar como el enriquecimiento (adsorción positiva) o agotamiento (adsorción negativa) de uno o más componentes en una capa interfacial. En este proceso la sustancia que se va a adsorber es el *absortivo*, que en el estado adsorbido recibe el nombre de *adsorbato*. Si una de las fases involucradas en la adsorción es sólida, a esta se le llama adsorbente (Arias et al., 2009, p. 1).

2.4.2 Diferencias entre adsorción y absorción

La adsorción conlleva la concentración de sustancias en una superficie o interfase. El proceso puede ocurrir en una interfase que separa a dos fases, tales como líquido-líquido, gas-líquido, gas-sólido, o líquido-sólido. Se llama *adsorbato* a la sustancia concentrada en la superficie y la fase adsorbente se llama *adsorbente*. La adsorción sobre sólidos, especialmente carbón activo, ha sido ampliamente utilizada para la purificación de aguas y aguas residuales (Webber, 2003, p. 210).

Por otro lado, la absorción es un proceso mediante el cual las moléculas o átomos de una fase impregnan casi uniformemente a los de otra fase constituyéndose una "solución" con esta segunda. El término *sorción* incluye la adsorción y absorción conjuntamente, siendo una expresión general para el proceso en el cual el componente se mueve desde una fase para acumularse en otra, especialmente en los casos en que la segunda fase es sólida (Webber, 2003, p. 210).

2.4.3 Tipos de adsorción

2.4.3.1 Fisiadsorción, fisisorción o adsorción física

Este tipo de adsorción física se da cuando la naturaleza de las interacciones moleculares entre el adsorbente y el adsorbato es de corto alcance. En consideración a lo anterior, los procesos que impulsan el enriquecimiento de un componente en una interfase debido a fuerzas de largo alcance,

como son las fuerzas gravitacionales (fenómenos de sedimentación), no se les considera adsorción (Arias et al., 2009, p. 1). La fisisorción implica interacciones más débiles (fuerzas de Van der Waals, atracción entre dipolos). En la mayoría de los adsorbentes la adsorción que se produce es la adsorción física o fisisorción (Lara, 2018, p. 20).

2.4.3.2 Quimiadsorción, quimisorción o adsorción química

En este tipo de adsorción química se producen interacciones químicas (puentes hidrógeno, enlaces covalentes) entre el adsorbente y los adsorbatos (Lara, 2018 p. 5). En la quimiadsorción las partículas en las superficies se asocian y forman un enlace químico (generalmente covalente) y tienden a buscar posiciones que maximicen su número de coordinación con el sustrato. (Martinez, 2017, p. 5).

Tabla 2-4:Diferencia entre adsorción física y adsorción química.

ADSORCIÓN FÍSICA	ADSORCIÓN QUÍMICA
Fenómeno no específico	Fenómeno específico
Monocapa o multicapas	Monocapa
(2 ó 3 veces el calor latente de vaporización)	Alto calor de adsorción (del orden del calor de una reacción química)
Significativa a temperaturas relativamente bajas	Posible en un amplio intervalo de temperatura
No activada	Activada
Reversible	Irreversible
No hay transferencia de electrones, pero puede producirse la polarización del adsorbato	Hay transferencia de electrones con formación de enlace entre el adsorbato y el adsorbente

Fuente: (Martinez, 2017 p. 6)

Realizado por: Torres, A, 2023

Cuando el adsorbato es de origen orgánico, la adsorción ocurre debido a las interacciones específicas entre elementos estructurales identificables del adsorbato y del adsorbente, por lo tanto, este tipo de adsorción, al no ser puramente física o química, se la denomina como adsorción específica (Martinez, 2017, p. 6).

2.4.4 Factores que influyen

Si el sistema de adsorción se encuentra en fase líquida, las interacciones que se pueden ocurrir no son sólo entre el adsorbato y el adsorbente, sino también las que provienen de la interacción entre el adsorbato y el adsorbente con el disolvente. Por estas razones, la retención de una determinada sustancia en fase líquida, dependerá del solvente. A pesar de ello, no sólo el solvente tiene efecto en el fenómeno de adsorción, ya que también es afectado por otros factores tales como: naturaleza

del adsorbato el adsorbente y el solvente, superficie específica del adsorbente, pH de la solución, temperatura, y en el caso de que la solución, con los componentes a retener, se encuentre conformada por más de un componente, la competencia entre ellos (Martinez, 2017, p. 6).

2.4.4.1 Tipo de arcilla

El tipo de arcilla puede influir en la adsorción de contaminantes y otros compuestos de varias maneras, como se menciona en los siguientes resultados de búsqueda:

a. Composición química

El tipo de arcilla puede influir en su composición química, lo que puede afectar la capacidad de adsorción de la arcilla. Por ejemplo, algunas arcillas pueden contener más minerales de hierro o aluminio, que pueden aumentar su capacidad de adsorción (Zárate, 2005, pp. 40-43).

b. Estructura de la arcilla

El tipo de arcilla también puede influir en su estructura, lo que puede afectar la capacidad de adsorción de la arcilla. Por ejemplo, algunas arcillas tienen una estructura laminar que puede aumentar su capacidad de adsorción (Zárate, 2005, pp. 40-43).

c. Tamaño de partícula

El tamaño de partícula de la arcilla también puede influir en su capacidad de adsorción. En general, las arcillas con partículas más pequeñas tienen una mayor capacidad de adsorción debido a su mayor área superficial (Zárate, 2005, pp. 40-43).

d. Tipo de sustancia a adsorber

El tipo de sustancia que se está adsorbiendo también puede influir en la capacidad de adsorción de la arcilla. Por ejemplo, algunas sustancias pueden ser más solubles en agua, lo que puede disminuir su capacidad de adsorción por la arcilla (Zárate, 2005, pp. 40-43).

2.4.4.2 *pH*

El pH indica el grado de adsorción de iones (H^+) por las partículas del suelo, lo cual es indicativo si un suelo es ácido o alcalino. El pH en el suelo varía de 3,5 (muy ácido) a 9,5 (muy alcalino). Es un indicador en la disponibilidad de nutrientes para las plantas que afecta a la solubilidad, disponibilidad, movilidad y de otros constituyentes y contaminantes inorgánicos presentes en el suelo. (Plúas et al., 2022, p. 22). El pH puede afectar la adsorción de contaminantes y otros compuestos por arcillas de varias maneras.

a. Influencia en la carga superficial

El pH puede influir en la carga superficial de la arcilla, lo que a su vez puede afectar la capacidad de adsorción de la arcilla. En general, la carga superficial de la arcilla es mayor en medios ácidos, lo que aumenta la capacidad de adsorción de la arcilla (Zárate, 2005, p. 31).

b. Influencia en la solubilidad

El pH también puede influir en la solubilidad de los compuestos que se están adsorbiendo, lo que puede afectar la capacidad de adsorción de la arcilla. Por ejemplo, algunos compuestos pueden ser más solubles en medios ácidos, lo que puede disminuir su capacidad de adsorción por la arcilla (Zárate, 2005, p. 31).

c. Influencia en la estructura de la arcilla

El pH también puede influir en la estructura de la arcilla, lo que puede afectar la capacidad de adsorción de la arcilla. Por ejemplo, algunos estudios han demostrado que el pH puede afectar la expansión y contracción de las capas de arcilla, lo que puede afectar la capacidad de adsorción de la arcilla (Zárate, 2005, p. 31).

2.4.5 *Cuantificación*

La cuantificación del rendimiento o efectividad alcanzada en la obtención del colorante, en virtud al proceso seguido, se realizará triangulando los resultados de mediciones realizadas tanto sobre la arcilla, desde la perspectiva del color obtenido, así como sobre el extracto, desde la perspectiva de la reducción de intensidad del color. En resumen, contrastando tanto el color que se retiene en la arcilla como el que se reduce en el extracto (Abril et al., 2006, pp. 1-2).

2.4.5.1 *Sobre la arcilla*

La determinación será de tipo cualitativa, definiendo el color obtenido tomando como referencia la Tabla de Munsell. Esta tabla es un sistema de notación de colores que se utiliza en campos como la pintura, decoración, cartografía y ciencia del suelo. Estos colores se definen con base en tres variables: matiz, saturación y brillo, pudiendo así generar una descripción precisa del color presente.

La determinación consiste en la toma de un puñado de muestra, extenderla sobre un papel blanco en una superficie lisa y con iluminación natural. Seguidamente, se compara el color observado con una carta de colores en busca del tono más similar (Galicia, 2018, p. 2).

2.4.5.2 *Sobre el extracto*

El proceso de adsorción del pigmento reduce la concentración de éste en el extracto; es por ello que sobre el extracto la determinación se orienta al cambio de color. Para ello el método disponible es la colorimetría, donde, mediante mediciones de espectrometría se determina la absorbancia de la muestra al incidir sobre ella radiación UV. La reducción de absorbancia sería indicativa de la pérdida de pigmento, calculada mediante la ecuación de Lambert-Beer (Chugñay, 2019, pp. 20-21).

d. UV-VISIBLE

El espectro de absorción es una representación gráfica de la cantidad de luz absorbida (ϵ) a diferentes valores de longitud de onda (λ). A partir de una solución diluida de un compuesto, cuya absorbancia máxima entra dentro del rango de medición del espectrofotómetro. Se observarán valores de absorbancia a diferentes longitudes de onda respecto a un blanco que contenga el disolvente de la solución de la muestra a caracterizar. A partir del espectro de absorción se obtendrá el valor de λ al que el compuesto presenta la mayor absorbancia (λ_{max}). La λ se utilizará en términos cualitativos y cuantitativos del compuesto (Abril et al., 2006, p. 5).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Localización duración del experimento

El trabajo de Integración Curricular se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur, km 1 ½. Riobamba, Chimborazo, Ecuador en el laboratorio de Procesamiento de alimentos y laboratorio de bromatología y nutrición animal.

3.2 Unidades experimentales

Se utilizaron 8 g de adsorbente y 80 ml de extracto para cada unidad experimental. Por lo que se utilizaron un total de 54 unidades experimentales.

3.3 Materiales, equipos e instalaciones

3.3.1 *Materiales*

- Mandil
- Guantes
- Cofia
- Mascarilla
- Mortero y pistilo
- Balón aforado
- Papel filtro
- Vasos de precipitación
- Embudo
- Agitador
- Bandejas de aluminio

3.3.2 *Insumos*

- Vainas secas de guarango
- Arcillas (Licán, Calpi, San Juan)

- Peróxido de hidrógeno
- Etanol 96%
- Ácido clorhídrico 1 M
- Agua destilada

3.3.3 Equipos

- Balanza analítica
- Molino de bolas
- Tamiz
- Estufa
- Espectrofotómetro UV
- Mezclador

3.3.4 Instalaciones

- Laboratorio de procesamiento de alimentos
- Laboratorio de bromatología y nutrición animal

3.4 Tratamientos y diseño experimental

Se evaluó la retención de color de un colorante en polvo, considerando tres factores de estudio que fueron: el factor A, al origen de la matriz arcillosa (Licán, Calpi y San Juan); el factor B, al tipo de extracto utilizado (acuoso y etanólico) y el factor C al tiempo de adsorción (1, 2 y 4 horas); considerándose tres repeticiones por tratamiento, como se observa en la tabla 3-1.

Las unidades experimentales se distribuyeron bajo un diseño completamente al azar en arreglo factorial y que para su análisis se ajustaron al siguiente modelo lineal aditivo.

$$y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \alpha\beta_{ij} + \alpha\gamma_{ik} + \beta\gamma_{jk} + \alpha\beta\gamma_{ijk} + e_{ijk}$$

Dónde:

μ es la media general

α_i es el efecto debido al i-ésimo nivel del factor origen (de Arcilla)

β_j es el efecto debido al j-ésimo nivel del factor extracto

γ_k es el efecto debido al k-ésimo nivel del factor tiempo (de adsorción)

$\alpha\beta_{ij}$ es el efecto combinado de la interacción origen -extracto al aplicar el tratamiento ij

$\alpha\gamma_{ik}$ es el efecto combinado de la interacción origen - tiempo al aplicar el tratamiento ik
 $\beta\gamma_{jk}$ es el efecto combinado de la interacción extracto- tiempo al aplicar el tratamiento jk
 $\alpha\beta\gamma_{ijk}$ es el efecto combinado de la interacción origen-extracto-tiempo al aplicar el tratamiento ijk
 $eijk$ representa el error aleatorio que, se supone, sigue una distribución normal con media 0 y varianza constante σ^2 , y son independientes.

Tabla 3-1: Esquema del experimento.

<i>FACTOR A: Origen</i>	<i>FACTOR B: Tipo de extracto</i>	<i>FACTOR C: Tiempo de adsorción</i>	<i>Código</i>	<i>Repeticiones</i>	<i>TUE*</i>	<i>TOTAL TUE</i>
Licán	Acuoso	1 hora	LA1	3	88 g	264 g
Licán	Acuoso	2 horas	LA2	3	88 g	264 g
Licán	Acuoso	4 horas	LA4	3	88 g	264 g
Licán	Etanólico	1 hora	LE1	3	88 g	264 g
Licán	Etanólico	2 horas	LE2	3	88 g	264 g
Licán	Etanólico	4 horas	LE4	3	88 g	264 g
Calpi	Acuoso	1 hora	CA1	3	88 g	264 g
Calpi	Acuoso	2 horas	CA2	3	88 g	264 g
Calpi	Acuoso	4 horas	CA4	3	88 g	264 g
Calpi	Etanólico	1 hora	CE1	3	88 g	264 g
Calpi	Etanólico	2 horas	CE2	3	88 g	264 g
Calpi	Etanólico	4 horas	CE4	3	88 g	264 g
San Juan	Acuoso	1 hora	SA1	3	88 g	264 g
San Juan	Acuoso	2 horas	SA2	3	88 g	264 g
San Juan	Acuoso	4 horas	SA4	3	88 g	264 g
San Juan	Etanólico	1 hora	SE1	3	88 g	264 g
San Juan	Etanólico	2 horas	SE2	3	88 g	264 g
San Juan	Etanólico	4 horas	SE4	3	88 g	264 g
TOTAL				54	TOTAL	4752 g

Realizado por: Torres, A, 2023

3.5 Mediciones experimentales

Las unidades experimentales que se realizaron fueron los análisis de espectrofotometría y análisis de costo de producción.

3.5.1 Análisis de espectrofotometría

- Absorbancia en extracto
- Absorbancia extracto-arcilla

3.5.2 *Análisis de costo de producción*

- Gastos de materia prima
- Gastos directos e indirectos

3.6 **Análisis estadísticos y prueba de significación**

Los resultados experimentales obtenidos de la evaluación de la retención del color por efecto del origen, tipo de extracto y tiempo de adsorción, se analizaron mediante:

- Análisis de varianza (ANOVA): para las diferencias significativas.
- Separación de medias mediante la prueba de Tukey.

En la tabla 3-2 se detalla el esquema del ANOVA donde se esquematiza el modelo con repeticiones del Diseño factorial A*B*C, que se utiliza para comprobar la hipótesis aceptada.

Tabla 3-2: Esquema del ADEVA.

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	53
Origen de arcilla	2
Tipo de extracto	1
Tiempo de adsorción	2
Origen de arcilla* Tipo de extracto	2
Origen de arcilla* Tiempo de adsorción	4
Tipo de extracto* Tiempo de adsorción	2
Origen de arcilla* Tipo de extracto* Tiempo de adsorción	4
Error experimental	36

Realizado por: Torres, A, 2023

3.7 **Procedimiento experimental**

3.7.1 *Procesamiento de obtención del extracto del pigmento de guarango*

3.7.1.1 *Obtención de materia prima*

La parte que se utilizó de la planta del guarango fue las vainas secas que tienen un color rojizo.

3.7.1.2 Limpieza

La limpieza tiene como objetivo, eliminar en su totalidad las impurezas que acompañan a la planta.

3.7.1.3 Reducción de tamaño

Se realizó trozos pequeños de las vainas, estos deben ser uniformes para tener un mejor aprovechamiento del pigmento.

3.7.1.4 Preparación de solvente

Los disolventes se utilizaron en estado puro. De igual manera se procedió a preparar la solución de etanol. (Concentración al 96%).

3.7.1.5 Extracción de colorante

Se dejó macerar la mezcla vaina del guarango + disolvente (agua destilada y etanol) por 96 horas. Se utilizaron 200 gramos de las vainas de guarango para 4 litros de cada disolvente (agua destilada y etanol) (Pila, 2022 p. 27).

3.7.1.6 Filtración del extracto

Pasada las 96 horas de maceración se procedió a filtrar el extracto, con la finalidad de que no exista sedimento en el extracto.




Para la cuantificación del colorante de las vainas del guarango se realizaron curvas de calibración por medio de un espectrómetro UV-visible.

3.7.2 Adecuación de matrices arcillosas

3.7.2.1 Recolección de arcillas

El mineral arcilloso se recolectó de las parroquias de Licán, Calpi y San Juan, en el entorno de la ciudad de Riobamba, provincia del Chimborazo, según se georeferencia a continuación:

Tabla 3-3: Localización de muestras de arcillas.

Locación	Coordenadas	Imagen del punto
Licán	1.65394° S 78.71178° W	
Calpi	1.64328° S 78,74927° W	
San Juan	1.62457° S 78.78228° W	

Realizado por: Torres, A, 2023

3.7.2.2 *Adecuación de las arcillas*

Posterior a una molienda preliminar, las arcillas se tamizaron con un tamiz casero. La presencia de carbonatos se eliminó por lavado con ácido clorhídrico y la materia orgánica se eliminó mediante lavado con peróxido de hidrógeno.

3.7.2.3 *Adsorción de pigmento*

El proceso de adsorción de pigmento se realizó combinando 80 mL del extracto con 8 g de adsorbente; es decir, una relación 80:8 (mL:g), seguido de una agitación a régimen constante según los tiempos indicados en el diseño experimental.

Concluido el tiempo de adsorción, se separó el líquido sobrenadante y se dejó secar el sólido con ayuda de una estufa, obteniendo el colorante en polvo.

3.8 Metodología de evaluación

3.8.1 *Análisis espectrofotométrico*

Para el análisis espectrofotométrico y con la finalidad que las concentraciones sean las adecuadas para estar dentro del intervalo de linealidad, se prepararon las diluciones madre midiendo 50 ml de cada extracto (acuoso y etanólico) y diluyendo hasta una concentración del 10%. Esta

disolución se usó como punto de partida. A partir de esta muestra estándar se prepararon diluciones de 10, 20, 30, 40 y 50% y se realizaron lecturas en el espectrofotómetro; a 334 nm para el extracto acuoso y 332 nm para el extracto etanólico. Para determinar la concentración del colorante, se aplicó la fórmula de Lambert Beer.

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

Donde

A: Absorbancia

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

b: 1 cm^{-1}

c: concentración (ppm)

3.9 Análisis económicos

3.9.1 Costo de la materia prima

El costo de la materia prima es el gasto total en la adquisición de los insumos necesarios para la producción del producto (Garrido, et al., 2018 p. 17). En donde el precio de las vainas con semillas de guarango 1000 kg se estimó en 400 UDS y las vainas solas, como desecho, representaron el 2% (Stalin Arguello, 2017, p. 45).

3.9.2 Costo de la mano de obra

El costo de la mano de obra es el gasto total en el pago de los trabajadores que participan en la producción del producto. En general, se estima que el costo de la mano de obra directa puede representar entre el 20% y el 30% del costo total de producción (Garrido et al., 2018, p. 18).

3.9.3 Cargos indirectos

Los cargos indirectos son los gastos que no son atribuidos directamente en la producción de un bien, pero que resultan igualmente necesarios. Los cargos indirectos incluyen el alquiler de un inmueble, el suministro de energía eléctrica, el mantenimiento de maquinaria, la limpieza diaria, entre otros. En general, se estima que los CIF pueden representar entre el 10% y el 20% del costo total de producción (Garrido et al., 2018, p. 18).

CAPITULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Análisis previos a la evaluación del colorante

4.1.1 Barrido espectral de los extractos

Se realizó un barrido espectral a los distintos extractos con el fin de obtener la intensidad de adsorción de la luz, en función a la longitud de onda, permitiendo identificar los máximos y mínimos de absorción y determinar la longitud de onda óptima para la medición de una muestra específica (Owen, 2000, p. 7); obteniendo un mayor pico en el extracto acuoso en una longitud de onda de 334 nm; mientras que en el extracto etanólico se obtuvo un mayor pico en una longitud de onda de 332 nm.

4.1.2 Curva de calibración de los extractos.

Para obtener la curva de calibración como se muestra en la ilustración 4-1, fue necesario efectuar una predilución de los extractos hasta un 10% la que sería luego utilizada como dilución madre, a partir de ella se preparó una serie de soluciones de concentraciones de los extractos de 10, 20, 30, 40 y 50%, luego se determinaron las absorbancias en un espectrofotómetro UV con una longitud de onda (λ) de 334 nm para el extracto acuoso y una longitud de onda de 332 nm para el extracto etanólico. Las curvas obtenidas fueron aproximadamente lineales, mostrando una proporción directa entre la concentración de pigmento con la absorbancia medida. La pendiente de la curva representa la absortividad molar, que es una constante que indica la eficiencia con la que la sustancia absorbe la luz a una longitud de onda específica (Sosa et al., 2017, p. 6).

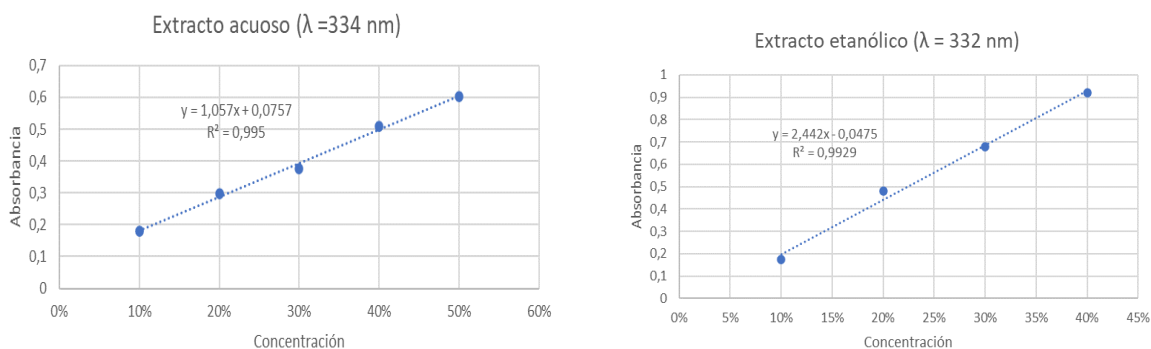


Ilustración 4-1: Curva de calibración de extracto acuoso y extracto etanólico.

Realizado por: Torres, A, 2023

4.1.3 Lecturas de concentraciones de los extractos según el origen de arcillas

Se realizaron lecturas a 54 muestras de extractos restantes posterior a la adsorción del pigmento por cada mineral aluminosilicato, considerando los orígenes y tiempos del diseño experimental, mediante el espectrofotómetro UV. El porcentaje de retención del color (pigmento) del extracto de vaina de guarango se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\%Retención = \frac{C_f - C_i}{C_i} * 100$$

Tabla 4-1: Retención de colorante de guarango por aplicación de mineral arcilloso natural.

Origen	Tipo de extracto	Tiempo de adsorción (horas)	Concentración inicial (%)	Concentración final (%)	% Retención de color
Licán	Acuoso	1	10	1,80	81,95
Licán	Acuoso	2	10	1,44	85,63
Licán	Acuoso	4	10	1,96	80,44
Calpi	Acuoso	1	10	3,77	62,38
Calpi	Acuoso	2	10	1,47	85,35
Calpi	Acuoso	4	10	1,78	82,28
San Juan	Acuoso	1	10	2,52	74,88
San Juan	Acuoso	2	10	1,71	82,99
San Juan	Acuoso	4	10	1,64	83,60
Licán	Etanólico	1	10	2,70	78,16
Licán	Etanólico	2	10	2,68	78,35
Licán	Etanólico	4	10	3,25	73,07
Calpi	Etanólico	1	10	2,48	80,19
Calpi	Etanólico	2	10	3,03	75,13
Calpi	Etanólico	4	10	2,51	79,83
San Juan	Etanólico	1	10	2,39	80,94
San Juan	Etanólico	2	10	2,78	77,37
San Juan	Etanólico	4	10	2,78	77,37

Realizado por: Torres, A, 2023

Se observa en la tabla 4-1 que todos los tratamientos realizados con extracto acuoso presentan mayor grado de retención en el tiempo de 2 horas teniendo una mayor retención con la arcilla de del origen Licán con un valor de 85,63% de retención de colorante; mientras que en un tratamiento de extracto etanólico presentan mayor grado de retención con la arcilla de origen de San Juan en un tiempo de 1 hora de adsorción, con un grado de retención de 80,94%.

Durante el desarrollo de la parte práctica de la investigación se tuvo un comportamiento inesperado: al completar la adsorción del extracto acuoso el color del adsorbente se tornó grisáceo. Este efecto, *a priori* se asoció con el pH del extracto, motivo por el cual se ajustó el pH a un valor de 5, de modo que sea igual al del extracto etanólico. Una vez hecho esto, el color obtenido posterior a la adsorción mejoró, sin embargo, no alcanzó al tono rojizo visto del extracto previo a la adsorción. Entonces, en vista a los objetivos de investigación, se optó por continuar con el análisis, no obstante, para determinar el mejor adsorbente, también mencionar al de mayor retención con el extracto etanólico. Una revisión y, según (Zárate, 2005, p. 14), en su investigación “*Aplicación de las Arcillas en el tratamiento de Efluentes Electroquímicos*” mencionando a Barker y Truog, indica que se demostró que el pH de la arcilla varía con la relación de arcilla-agua y con la magnitud del tiempo que la arcilla ha permanecido en contacto con la misma junto con la velocidad de agitación de la mezcla. Esto podría indicar la necesidad de un análisis previo de la influencia de dichos factores sobre la acidez del medio de reacción.

4.2 Evaluación de la retención del color del guarango.

4.2.1 Por efecto del origen de arcilla.

Como se puede observar en la tabla 4-2, la retención de color con respecto al factor origen, presentó una valoración de 77, 53% en la arcilla de Calpi, 79.53% en la arcilla de San Juan y 79,60%, valores que estadísticamente son iguales. Sin embargo, numéricamente se puede observar que el efecto de retención de colorante del mineral proveniente de Calpi, en las medias el valor es menor que el de las otras locaciones, esto podría deberse a que, durante el lavado con HCl se evidenció una mayor presencia de carbonatos los que podrían indicar una micro estructura distinta a las de los otros minerales.

Tabla 4-2: Retención de color en el colorante en polvo por efecto del origen de arcilla.

Origen arcillas	Medias	E.E.	
Licán	79,60	1,37	a
San Juan	79,53	1,37	a
Calpi	77,53	1,37	a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Realizado por: Torres, A, 2023

4.2.2 Por efecto del tipo de extracto

Como indica la tabla 4-3 de la retención de color por efecto del tipo de extracto, se determinó que cuando se elaboró con extracto etanólico presento una valoración de 77,82%, mientras al utilizarse el extracto acuoso presento una calificación de 79,95%, valores que estadísticamente son iguales ($p>0.05$), por lo que puede indicarse que el tipo de extracto que se utiliza para la obtención de colorante en polvo no afecta la retención de color. Sin embargo, numéricamente se puede observar que existe una mayor retención de color del extracto acuoso que del extracto etanólico. Lo anterior podría guardar relación con lo mencionado por (Zárate, 2005, p. 22) en la investigación “*Aplicación de las Arcillas en el tratamiento de Efluentes Electroquímicos*” a que la adsorción por diversos sólidos es mayor en soluciones acuosas que en soluciones orgánicas, lo que coincide también con la mayoría de las fuentes bibliográficas revisadas.

Tabla 4-3: Retención de color en el colorante en polvo por efecto del tipo de extracto.

Factor B: Tipo extracto	Medias	E.E.	
Acuoso	79,95	1,12	a
Etanólico	77,82	1,12	a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$)

Realizado por: Torres, A, 2023

4.2.3 Por efecto del tiempo

Respecto al tiempo de adsorción, según se muestra en la tabla 4-4, en un tiempo de 1 hora presenta un valor de 76,42%, en dos horas 79,43% y en 2 horas 80,80%, en donde estadísticamente no existe diferencias significativas, sin embargo, numéricamente el mayor grado de retención de color se alcanza en un tiempo de 2 horas, luego de lo cual la adsorción desciende. Según Rojas, y otros, 2018, en la revista digital CONICET, en su investigación “*Remoción selectiva de colorantes por una arcilla tratada*”, la adsorción ocurre rápidamente dentro de los primeros minutos de agitación y entonces varía gradualmente hasta que se alcanza el equilibrio con lo que el porcentaje de remoción permanece constante (Rojas, et al., 2018 p. 345). Sin embargo, es importante tener en cuenta que la velocidad de adsorción y el tiempo necesario para alcanzar el equilibrio pueden variar según el tipo de arcilla, el tipo de contaminante y las condiciones específicas del proceso de adsorción.

Tabla 4-4: Retención de color en el colorante en polvo por efecto del tiempo.

Factor C: Tiempo de adsorción	Medias	E.E.	
2	80,80	1,37	a
4	79,43	1,37	a
1	76,42	1,37	a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0.05)

Realizado por: Torres, A, 2023

4.2.4 *Por el efecto combinado origen-tipo*

En el efecto combinado origen-extracto en la retención de color, como se puede evidenciar en la tabla 4-5 no presenta diferencias estadísticamente significativas, esto quiere decir que tanto el origen de arcilla como el tipo de extracto no influye en la retención de color; sin embargo, numéricamente en los casos de Licán y San Juan la retención de color es mayor en el extracto acuoso, a diferencia de la arcilla de Calpi que existe mayor retención de color en el extracto etanólico.

Tabla 4-5: Retención de color en el colorante en polvo por efecto combinado origen-extracto.

Factor A: Origen arcillas	Factor B: Tipo de extracto	Medias	E.E.	
Licán	Acuoso	82,67	1,94	a
San Juan	Acuoso	80,49	1,94	a
San Juan	Etanólico	78,56	1,94	a
Calpi	Etanólico	78,38	1,94	a
Calpi	Acuoso	76,67	1,94	a
Licán	Etanólico	76,52	1,94	a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0.05)

Realizado por: Torres, A, 2023

4.2.5 *Por efecto combinado origen-tiempo*

Como se muestra en la tabla 4-6 en la retención de color por efecto combinado origen-tiempo, no presenta diferencias significativas; sin embargo, numéricamente en las arcillas de Calpi y San Juan la retención mejora con el tiempo, hasta las 2 horas, a partir de lo cual mejoran en poca medida; por otro lado, en la arcilla de Licán se tiene un máximo en las mismas 2 horas, luego de lo cual disminuye.

Tabla 4-6: Retención de color en el colorante en polvo por efecto combinado origen-tiempo.

Factor A: Origen arcillas	Factor C: Tiempo	Medias	E.E.	
Licán	2	81,99	2,37	a
Calpi	4	81,06	2,37	a
San Juan	4	80,49	2,37	a
Calpi	2	80,24	2,37	a
San Juan	2	80,18	2,37	a
Licán	1	80,06	2,37	a
San Juan	1	77,91	2,37	a
Licán	4	76,75	2,37	a
Calpi	1	71,28	2,37	a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$)

Realizado por: Torres, A, 2023

4.2.6 Por el efecto combinado extracto-tiempo

Como se puede observar en la tabla 4-7, con respecto al efecto combinado extracto-tiempo, se puede observar existen diferencias significativas, esto quiere decir que la interacción de estos dos efectos combinados influyen en la retención de color; mientras que numéricamente según los valores de las medias, el extracto acuoso alcanza un máximo a las dos horas, luego de lo cual descende, en tanto que en el extracto etanólico ocurre una disminución a partir de la primera hora, tendiendo a estabilizarse a partir de la segunda hora.

Tabla 4-7: Retención de color en el colorante en polvo por efecto combinado extracto-tiempo

Factor B: Tipo extracto	Factor C: Tiempo	Medias	E.E.	
Acuoso	2	84,66	1,94	a
Acuoso	4	82,11	1,94	a
Etanólico	1	79,76	1,94	a b
Etanólico	2	76,95	1,94	a b
Etanólico	4	76,76	1,94	a b
Acuoso	1	73,07	1,94	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$)

Realizado por: Torres, A, 2023

4.2.7 Por el efecto combinado origen-extracto-tiempo

Con respecto a la interacción de los efectos origen-tipo-tiempo como se muestra en la tabla 4-8 se puede evidenciar que no registra valores estadísticamente significativos por efecto de la interacción, sin embargo numéricamente cuando se utiliza arcilla de Licán con extracto acuoso en 2 horas de adsorción, la retención de color presenta un valor de 85,65%; a diferencia de la arcilla de origen de Calpi en extracto acuoso en un tiempo de 1 hora de adsorción, presenta un valor de 62,38%; valores que estadísticamente son iguales, lo que demuestra que el origen-extracto-tiempo no afecta estadísticamente los resultados.

Tabla 4-8: Retención de color en el colorante en polvo por efecto combinado origen-extracto-tiempo

Factor A: Origen arcillas	Factor B: Tipo extracto	Factor C: Tiempo	Medias	E.E.	
Licán	Acuoso	2	85,63	3,35	a
Calpi	Acuoso	2	85,35	3,35	a
San Juan	Acuoso	4	83,60	3,35	a
San Juan	Acuoso	2	82,99	3,35	a
Calpi	Acuoso	4	82,28	3,35	a
Licán	Acuoso	1	81,95	3,35	a
San Juan	Etanólico	1	80,94	3,35	a
Licán	Acuoso	4	80,44	3,35	a
Calpi	Etanólico	1	80,19	3,35	a b
Calpi	Etanólico	4	79,83	3,35	a b
Licán	Etanólico	2	78,35	3,35	a b
Licán	Etanólico	1	78,16	3,35	a b
San Juan	Etanólico	4	77,37	3,35	a b
San Juan	Etanólico	2	77,37	3,35	a b
Calpi	Etanólico	2	75,13	3,35	a b
San Juan	Acuoso	1	74,88	3,35	a b
Licán	Etanólico	4	73,06	3,35	a b
Calpi	Acuoso	1	62,38	3,35	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)
















Realizado por: Torres, A, 2023

4.3 Gama de colores obtenidos

Para codificar la gama cromática de los colores que se obtuvieron a partir del guarango se utilizó la tabla de Munsell que sirve para clasificar el color, el cual incluye todos los matices del espectro visible. Esta tabla ayudó a la codificación de los colores que proporcionó el extracto de guarango













por adsorción de una matriz arcillosa, como se puede apreciar en la tabla 4-10. Para esto se hizo uso de la aplicación móvil Munsell-Book-of-Color ®.







































Tabla 4-9: Gammas cromáticas de los colores obtenidos de las arcillas naturales, según su origen.






































MUESTRA	RESULTADOS OBTENIDOS	SATURACIÓN DEL COLOR	CÓDIGO
Arcilla de Licán			#987455
			#A5805F
			#AE8D6F
			#B79A80
Arcilla de Calpi			#B9A183
			#C2AD93
			#CCBAA4
			#D5C6B4
Arcilla de San Juan			#A0947C
			#ABA18C
			#B6AD9A
			#C1B9A9

Realizado por: Torres, A, 2023

Tabla 4-10: Gammas cromáticas de los colores obtenidos a partir de la extracción de guarango por adsorción de matriz arcillosa.

CÓDIGO DE MUESTRA	RESULTADOS OBTENIDOS	SATURACIÓN DEL COLOR	CODIGO
LA1			#241E19
			#332A24
			#42372E
			#514338
LA2			#554840
			#63544B
			#716056
			#806D60
LA4			#231B18
			#342823

			#43332D
			#523F38
LE1			#5F4F36
			#6F5C3E
			#7F6A48
			#907851
LE2			#6E5F3F
			#7E6D49
			#8E7B52
			#9F895B
LE4			#7F7257
			#8F8061
			#9C8D6D
			#A6997D
CA1			#63604F
			#716E5B
			#7F7C66
			#8E8971
CA2			#524C3D
			#615A48
			#6F6752
			#7E755D
CA4			#696454
			#77715F
			#857F6B
			#928C77
CE1			#796C53
			#89795D
			#988767
			#A29376

CE2			#726958
			#827764
			#90846F
			#9B917D
CE4			#8B7E65
			#988A71
			#A39780
			#AEA38F
SA1			#24201F
			#312C2B
			#3F3837
			#4C4442
SA2			#312D2A
			#3F3A36
			#4D4742
			#5B534D
SA4			#35302C
			#433D38
			#514943
			#5F564F
SE1			#544D3D
			#625A47
			#706751
			#7F755C
SE2			#5D5548
			#6B6152
			#796E5D
			#877B68
SE4			#37322C
			#443E36



#524B42



#60584D

Realizado por: Torres, A, 2023

4.4 Análisis de costo de producción del prototipo de colorante

Tabla 4-11: Costo de producción del mejor tratamiento, extracto acuoso (Licán, 2 horas).

Rubro	Unidad	Cantidad	VALOR	
			Costo unitario	Total
Guarango	g	500,00	0,0004	\$0,20
Arcillas	g	1000,00	0,001	\$1,00
Peróxido de hidrógeno	ml	1041,67	0,0015	\$1,56
HCl 1M	ml	69,44	0,0296	\$2,06
Disolvente (agua destilada)	ml	10000,00	0,00075	\$7,50
Agua destilada	ml	3472,22	0,00075	\$2,60
TOTAL				\$14,92
MO 20%				\$2,98
CIF 10%				\$1,49
COSTO DE PRODUCCIÓN				\$19,40

Realizado por: Torres, A, 2023

Tabla 4-12: Costo de producción del mejor tratamiento, extracto etanólico (San Juan, 1 hora)

Rubro	Unidad	Cantidad	VALOR	
			Costo unitario	Total
Guarango	g	500,00	0,0004	\$0,20
Arcillas	g	1000,00	0,001	\$1,00
Peróxido de hidrógeno	ml	1041,67	0,0015	\$1,56
HCl 1M	ml	69,44	0,0296	\$2,06
Disolvente (etanol)	ml	10000,00	0,0009	\$9,00
Agua destilada	ml	3472,22	0,00075	\$2,60
TOTAL				\$16,42
MO 20%				\$3,28
CIF 10%				\$1,64
COSTO DE PRODUCCIÓN				\$21,35

Realizado por: Torres, A, 2023

En las tablas 4-11 y 4-12 se desarrolla la estimación de los costos de producción de 1 kg (1000 g) de colorante tanto para el extracto acuoso como para el etanólico. Los valores se encuentran entre los 19,4 centavos de dólar a 21,4 centavos de dólar por cada kilogramo de colorante. Sin embargo, estos valores se pueden considerar como “máximos”, puesto que se consideran las primeras extracciones de colorante, no obstante, a partir del mismo extracto se pueden realizar sucesivas adsorciones en las únicamente se requeriría material arcilloso sin implicar nuevos gastos de ácido clorhídrico, peróxido de hidrógeno, ni disolventes. Es por ello, que estos valores representan únicamente el límite superior al que podría ascender el costo de producción.

CONCLUSIONES

- Se elaboraron 18 prototipos de colorante natural en polvo aplicando diferentes combinaciones de los factores origen de la arcilla, tipo de extracto y tiempo de adsorción. Los extractos se generaron por maceración de 200 gramos de vainas de guarango en 4000 ml de disolventes (agua y etanol). Los adsorbente se obtuvieron a partir de minerales aluminosilicatos purificados mediante lavado con HCl y peróxido de hidrogeno.
- Los resultados indicaron que la combinación de factores que logró la máxima adsorción del colorante de los extractos fue Licán – Acuoso - 2 horas, con 85,63% de retención de color. En vista al comportamiento no previsto del extracto acuoso, que generó un material de color grisáceo, también se identificó como mejor colorante al de San Juan - Etanólico - 1 hora con 80,94% de retención de color.
- El efecto de los factores individuales (origen, extracto y tiempo), según el análisis de resultados, no fue estadísticamente significativo; de igual manera ocurrió con los efectos combinados origen-extracto, origen-tiempo y origen-extracto-tiempo. La combinación de factores que tuvo el mayor efecto estadísticamente significativo fue la extracto-tiempo.
- Se estimaron los costos de producción para los mejores colorantes tanto en extracto acuoso como etanólico. En el primer caso (Licán – acuoso – 2 horas) el costo fue de \$19,40 por kilogramo y en el segundo (San Juan – etanólico – 1 hora) fue de \$21,35 por kilogramo.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda profundizar la investigación en extractos acuosos, debido a que tienen los menores costos de producción; además en fuentes bibliográficas se menciona que en la mayoría de investigaciones para obtención de colorantes, se trabaja en medios acuosos.
- Con base a esta investigación se recomienda continuar con nuevas investigaciones sobre la influencia del tipo de extracto de guarango, acidez del medio, acidez de la matriz y su efecto sobre el color que ese obtendrá fruto de la adsorción.
- Incentivar a los estudiantes a realizar pruebas de uso de arcillas y otros materiales agroindustriales en diseños de plantas como filtros para la remoción de contaminantes y como adsorbentes de otros compuestos de interés.

GLOSARIO

Adsorción: la adsorción es el proceso por el cual una especie química (adsorbato) presente en una fase fluida se concentra en la interfase que la separa de otra de igual o superior grado de ordenación (adsorbente) (Pérez, 2017, p. 16).

Arcilla: se define como un material terroso, de baja granulometría y que presenta plasticidad cuando es mezclado con cierta cantidad de agua y cuando se endurece cuando se somete a altas temperaturas, lo que la hace útil para la fabricación de cerámica y otros productos (Lozano, 2016, p. 17).

Extracto: un extracto puede ser una sustancia obtenida a partir de una mezcla mediante un proceso de extracción, que implica la separación de un componente de la mezcla utilizando un disolvente adecuado (Pardo, 2002, p. 2).

Soluciones orgánicas: Los solventes orgánicos son líquidos orgánicos que tienen la capacidad de disolver compuestos orgánicos, como el etanol, el metanol, el acetato de etilo, el cloroformo, entre otros (Ieca, 2021, p. 1).

BIBLIOGRAFÍA

ABRIL, Nieves; et al. Espectrofometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas. [en línea] 2006. [Consulta: 12 de mayo, 2023.]. Disponible en: https://www.uco.es/dptos/bioquimica-biol-mol/pdfs/08_ESPECTROFOTOMETRIA.pdf.

ARGUELLO, Stalin & SALTOS, Wilson. El guarango en el cantón guano de la provincia de Chimborazo- Ecuador. *Industria Data*. [en línea] 2017, (Perú), Vol. 20 (1) pág. 45. [Consulta: 30 de mayo del 2017]. ISSN 1560-9146. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/816/81652135005.pdf>

ARIAS, Juan; PATERNINA, Elihu; & BARRAGÁN, Daniel. Physical adsorption on solids: thermodynamic aspects. *Assuntos Gerais* [en línea], 2009, (Colombia), Vol. 32 (5), pág. 1. [Consulta: 10 de mayo de 2009.]. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/qn/a/ZMZGJywmdwJTX8D8MWTvd/?format=pdf&lang=es>

ARTEAGA, Byron. Estudio de factibilidad para la implementacion de una finca productora de guarango (*Caesalpinia spinosa*) en el sector San Guillermo, Imbabura. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación de grado). Universidad Politecnica Salesiana sede Quito. Quito-Ecuador. 2015. Pág. 74. [Consulta: 2015-04-13]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9830/1/UPS-YT00240.pdf>

ARUN, Baid. *Method of dyeing the textile article from medicinally rich herbs*. [Blog] 2007. [Consulta: 15 de marzo de 2007.]. Disponible en: https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf?docId=US41860566&_cid=P21-LF7QSG-22477-1

BALMACEDA, Caleb. Nuevas aplicaciones para residuos industriales de arcillas. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación de grado). Universidad Nacional del Comahua. Buenos Aires-Argentina. 2021. Pag. 10. [Consulta: 2021 de 07 de 15.]. Disponible en: <http://170.210.81.141/bitstream/handle/uncomaid/16299/PIP-Balmaceda%20Aquino%20Caleb%20Elunei%202021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

BROWN, José. Adsorción de picloram sobre minerales arcillosos. [en línea]. Trabajo de titulación) (Titulación de grado). Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires-Argentina. 2011. Pág. 13. [Consulta: 2011 de 05 de 10.]. Disponible en:

https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n4825_MarcoBrown.pdf

CHUGÑAY, Angélica. Caracterización de la capacidad de remoción de cromo trivalente en efluentes pertenecientes a curtiduría serrano mediante el uso de minerales arcillosos naturales y modificados. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación de grado).Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2019. Pág. 2. [Consulta: 2019 de 11 de 09.]. Disponible en:

<https://biblioteca.esPOCH.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=68518>

CORNAGO, Pilar & SANTOS, Soledad. Química forense. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación de grado). Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid-España. Pág. 101. [Consulta: 2016 de 10 de 01.]. Disponible en: http://portal.uned.es/portal/page?_pageid=93,71398207&_dad=portal&_schema=PORTAL&id_Asignatura=61034154

DOMÁNICO, Ricardo; et al. *Un método de obtención de colorantes naturales en polvo, los colorantes así obtenidos y sus aplicaciones. Es 2 396 531 B1.* [Blog]. España, 2013. [Consulta: 12 de mayo de 2013.]. Disponible en: <https://patents.google.com/patent/ES2396531B1/es>

DURÁN, Esperanza; et al. Uso de arcillas como material adsorbente para la eliminación de plaguicidas. *CICS2018.* [en línea] 2018. (Bailen), Vol. 1 (1), pág. 5. [Consulta: 11 de mayo de 2018.]. Disponible en: https://digital.csic.es/bitstream/10261/170466/1/Uso_arcillas_material_absorbente_eliminacion_plaguicidas_2018_CL_ComCong.pdf

ECUADORECOLÓGICO. *Ecuador ecológico. Tara.* [Blog] Ecuador, 2010. [Consulta: 15 de mayo de 2010.]. Disponible en: <https://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/08/TARA.pdf>.

FERNÁNDEZ, Lara. Bekia. *Uso de arcillas.* [Blog], 2019. [Consulta: 18 de abril de 2019.]. Disponible en: <https://www.bekiahogar.com/articulos/usos-de-la-arcilla/>

GALICIA, Ivonne. 2018. La determinación consiste en la toma de un puñado de muestra, extenderla sobre un papel blanco en una superficie lisa y con iluminación natural. Seguidamente, se compara el color observado con una carta de colores en busca del tono más similar. *Iluminet.*

[en línea] noviembre 05, 2018. [Consulta: 15 de octubre, 2023.] <https://iluminet.com/sistema-color-munsell/#> .

GARRIDO, Yolanda; MERINO, Luis & COLCHA, Raquel. CASOS PRÁCTICOS RESUELTOS DE CONTABILIDAD DE COSTOS POR ÓRDENES DE PRODUCCIÓN CON APLICACIÓN DE NIIF. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación de grado).Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2018. Pág. 1. [Consulta: 2018 de 10 de 24.]. Disponible en: <http://cimogsys.esPOCH.edu.ec/direccion-publicaciones/public/docs/books/2019-09-18-220336-60%20Libro%20Casos%20pr%C3%A1cticos%20de%20contabilidad%20de%20costos.pdf>

GUERRERO, Diana. EXTRACCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN COLORANTE NATURAL A PARTIR DE LA PEPA DE AGUACATE PARA EL TEÑIDO DE LAS FIBRAS DE ALGODÓN Y POLIÉSTER. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación de grado). Universidad Tecnica de Ambato. Ambato-Ecuador. 2011. Pág. 2. [Consulta: 2011 de 05 de 22.]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1757/1/SBQ%20%20Ref.3396>

GUGGENHEI & MARTIN. Definition of clay and clay mineral: joint report of the AIPEA and CMS nomenclature committees. *researchGate* [en línea], 1995, (Usa), Vol. 43 (2), pág. 258. [Consulta: 10 de mayo del 1995]. DOI: 10.1346/CCMN.1995.0430213. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/279623865_Definition_of_clay_and_clay_mineral_Joint_report_of_the_AIPEA_nomenclature_and_CMS_nomenclature_committees

HESPERIAN. *Hesperian health guides. Colorantes.* [Blog]. 2022. [Consulta: 09 de mayo del 2022]. Disponible en: https://es.hesperian.org/hhg/Workers%27_Guide_to_Health_and_Safety:Colorantes

IECA. 2021. *Química: orgánica e inorgánica.* [Blog]. 2021. [Consulta: 20 de diciembre del 2021]. Disponible en: <https://ieca-quimica-organica.blogspot.com/p/soluciones-quimicas.html?m=1.Industria%20alimentaria>

JARA E., Danilo. 2018. *Caracterización de las propiedades fisicoquímicas de minerales arcillosos de la provincia de Chimborazo y propuesta de potenciales aplicaciones industriales.* Riobamba : ESPOCH, 2018.

LARA, Andres. “ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD DEL USO DE ARCILLAS DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO PARA LA REMOCIÓN DE COLORANTES EN EFLUENTES DE LA INDUSTRIA TEXTIL”. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación de grado). Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2018. Pág. 23. [Consulta: 2018 de 05 de 21.]. Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/10526/1/96T00512.pdf>

LOJÁN, Leoncio. *Especies Forestales de los bosques secos del Ecuador*. [Blog]. 2012. [Consulta: 08 de septiembre del 2012]. Disponible en: https://www.academia.edu/5400279/GUIA_DENDROLOGICA_DE_LAS_ESPECIE

LOZANO, Marina. ESTUDIO DE ADSORBENTES ARCILLOSOS PARA UNA APLICACIÓN SOSTENIBLE. UNIVERSIDAD DE SALAMANCA. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación de grado). Universidad de Salamanca. Salamanca-España. 2016. Pág. 17. [Consulta: 2016 de 12 de 04.]. Disponible en: https://gedos.usal.es/bitstream/handle/10366/128371/DQI_LozanoGarc%C3%ADaMS_Estudio_adsorbentesarcillosos.pdf?isAllowed=y&sequence=1

MARCANO, Deanna. Introducción a la Química de los colorantes. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación de grado). Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales. 2018. Pág. 138. [Consulta: 2018 de 02 de 14.]. Disponible en: <http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/19390/1/colorantes%20listo%20%2Bisbn.pdf>

MARTÍNEZ; et al. Biotecnología aplicada a la degradación de colorantes de la industria textil. Scielo [en línea], 2012, (Mexico), Vol. 28 (2), Pág. 06. [Consulta: 18 de enero del 2012]. ISSN 0186-2979. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792012000200009

MARTINEZ, Nancy. Análisis multitemporal de la superficie ocupada por la plantación de guarango (*Caesalpinia spinosa*) en la parroquia rural Valparaíso cantón Guano. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación de grado). Universidad Nacional de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2022. Pág. 10. [Consulta: 2022 de 11 de 24.]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/10116/1/Mart%C3%ADnez%20V.%2C%20Nancy%20P.%20%282022%29%20An%C3%A1lisis%20multitemporal%20de%20la%20superficie%20ocupada%20por%20la%20plantaci%C3%B3n%20de%20guarango%20%28Caesalpinia%20spinosa%29%20en%20la%20parro>

MARTINEZ, Susana. Evaluación sobre el uso de arcillas para la adsorción de colorantes utilizados en la industria textil. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación de Doctorado). Universidad Nacional de la Plata. Buenos Aires-Argentina. 2017. Pag. 11. [Consulta: 2017 de 04 de 13.]. Disponible en:

<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/59441>

MEDINA, Roxana & PALOMINO, Ana. 2019. EFECTO ANTIBACTERIANO DEL EXTRACTO ETANOLICO DE VAJINA DE *Caesalpinia spinosa* (tara) EN CULTIVOS DE *Escherichia coli* ESTUDIO IN VITRO. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación de Grado). Universidad Inca Garcilaso de la Vega. Lima-Peru. 2019. Pág. 26. [Consulta: 2019 de 07 de 22.]. Disponible en:

http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/5205/TESIS_MEDINA%20LAYMITO-%20PALOMINO%20GONZALES.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ORIANAD, Alessandro; et al. Tanino de Tara (*Caesalpinia spinosa*) como precursor de un inhibidor de corrosión para acero SAE 1010. *SciELO*. [en línea] 2018. (Argentina), Vol. 1 (32), Pág. 02. [Consulta: 24 de octubre de 2018.]. ISSN 1851-7587. Disponible en:

http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1851-75872018000200005&script=sci_arttext

OWEN, Tony. *Fundamentos de la espectroscopía UV-visible moderna: Conceptos básicos*. [en línea]. Agilent Technologies. Alemania, 2000. [Consulta: 2000 de 06 de 20.]. Disponible en:

https://blog.utp.edu.co/docenciaedwin/files/2014/03/FUNDAMENTOS_UV_VIS_ESPA%C3%91OL.pdf

PARDO, José. *Patentabilidad de los extractos vegetales*. [Blog]. 2002. [Consulta: 08 de mayo del 2002.]. Disponible en:

http://www.ub.edu/centrepatents/pdf/doc_dilluns_CP/pardo_patentesextractosplantas.pdf

PAREDES, Benigna. Analisis y obtencion de colorante natural a partir de la *Baccharis Latifolia* (Chilca). [en línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación de Grado). Universidad Tecnica del Norte. Ibarra-Ecuador. 2002. Pág. 16. [Consulta: 2002 de 02 de 22.]. Disponible en:

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/3529/1/04%20IT%20007%20TESIS.pdf>

PÉREZ, Liz. ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DE LAS ARCILLAS ORGANOFÍLICAS EN LA REMOCIÓN DE NITROFENOLES Y CLOROFENOLES. [en

línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación de Grado). Pontificia Universidad Católica del Perú. San Miguel-Perú. 2017. Pág. 16. [Consulta: 2017 de 01 de 21.]. Disponible en: https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/8849/PEREZ_LIZ_VERON_ICA_ADSORCION_ARCILLAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

PERUECOLÓGICO. TARA (*Caesalpinia spinosa*) Medicina y Tinte en una sola Especie. [Blog]. Perú 2002. [Consulta: 19 de julio del 2009]. Disponible en: https://www.peruecologico.com.pe/flo_tara_1.htm

PILA, Jonathan. TINTE NATURAL DE GUARANGO (*Caesalpinia spinosa*) EN LA APLICACIÓN DE FIBRAS ANIMALES". [en línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación de Grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2022. Pag. 27. [Consulta: 2022 de 05 de 31.]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/17800/1/27T00545.pdf>

PLÚAS, María; et al. Identificación de propiedades del suelo agrícola en la parroquiacharapotó. *El pH del Suelo*. [en línea] 2022. [Citado el: 11 de mayo de 2023.] <https://revistas.unesum.edu.ec/index.php/unsumciencias/article/view/625/517>.

RAMOS, Juan. MINERALES DE ARCILLOSOS Y ALGUNAS DE SUS APLICACIONES. LAS ARCILLAS DE LA ZONA 3 DE ECUADOR. DEPARTAMENTO DE QUÍMICA INORGÁNICA Y QUÍMICA TÉCNICA. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación de Doctorado). Universidad Nacional de Educación a Distancia Máster Universitario en Ciencia y Tecnología Química. Madrid-España. 2018. Pag. 12. [Consulta: 2018 de 03 de 11.]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/8636/1/96T00438.pdf>

ROBAYO, Marcela. Aplicaciones en Espectroscopía de Plasma Inducido por Láser (LIBS) para análisis no destructivo (Forense, Arqueológico y de Superficie). [en línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación de Grado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito-Ecuador, 2016. Pág. 31. [Consulta: 2018 de 10 de 20.]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13227/MONOGRAFIA%20LIBS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

RODRÍGUEZ, Vanina. Estudios de adsorción de colorante natural sobre arcillas naturales y sus aplicaciones en enseñanza de la química. *RiUnC* [en línea], 2018, (Comahue), pág. 14. [Consulta: 19 de julio del 2018]. Disponible en: <http://rdi.uncoma.edu.ar/handle/uncomaid/6761>

ROJAS, Libardo; et al. Remoción selectiva de colorantes por una arcilla tratada. *Repositorio Institucional CONICET Digital*. [En línea], 2018. (Catamarca), pág. 12. [Consulta: 15 de octubre del 2018]. Disponible en: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/206628>

SANCHEZ, Rocio. La química del color en los alimentos. *Scielo* [en línea], 2013, (Mexico), Vol. 12 (3) págs. 238-239. [Consulta: 01 de diciembre del 2013]. E-SSN 1666-7948. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/863/86329278005.pdf>

SOSA, Adriana; HABANA, Lorena & CABRERA, Alfonso. Reconstitución de prácticas sociales de modelación: lo lineal a partir de análisis químicos. El caso de la curva de calibración. *Scielo*. [en línea] 2017, (Colombia), Vol. 8 (15) pág.6. [Consulta: 01 de Octubre del 2017]. ISSN 2448-8550. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-85502017000200029&script=sci_arttext

SUÁREZ, Emilia; GARCÍA, Mercedes. Las Arcillas: Propiedades y usos. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación de Grado). Universidad de Salamanca. Salamanca-España, 2002. Pág. 10. [Consulta: 2002 de 11 de 10.]. Disponible en: <http://www.ingenieroambiental.com/nov/ga.pdf>

TORRE, Lucía. *La Tarabeneficios ambientales y recomendaciones para su manejo sostenible en relictos de bosque y sistemas agroforestales*. [en línea]. (España), 2018. [Consulta: 2018 de 02 de 20.]. Disponible en: <https://condesan.org/wp-content/uploads/2018/10/Libro-Tara-Condesan-2.pdf>

VÁSQUEZ, Fernando. Universidad César Vallejo. Uso de tara (*Caesalpinia spinosa*) en comparación con linaza (*Linum usitatissimum*) como coagulantes para el tratamiento de efluentes provenientes de avícolas del mercado Puente Piedra.[en línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación de Grado). Universidad de César Vallejo. Lima-Perú, 2019. Pág. 15. [Consulta: 2019 de 01 de 22.]. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/56137/V%c3%a1squez_SFA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

VEJAR, Ana; et al. Uso de la cáscara de mamón (*Melicoccus bijugatus*) para el teñido de telas. *Universidad de los andes*. [en línea] 2016, (Ecuador), Vol. 6 (5) pág. 1. [Consulta: 01 de Octubre del 2017]. ISSN 123-128. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/933/93349879004/html/>

WEBBER, Walter. *Control de la calidad del agua*. [en línea]. (España), 2016. [Consulta: 2003 de marzo de 17]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=TLpzh5HQYvgC&printsec=copyright&hl=es#v=onepage&q&f=false>

ZÁRATE, Gisela. *Aplicación de las Arcillas en el tratamiento de Efluentes*. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación de Grado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima-Perú, 2005. Págs. 40-43. [Consulta: 2005 de 12 de 22.]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/323350709.pdf>



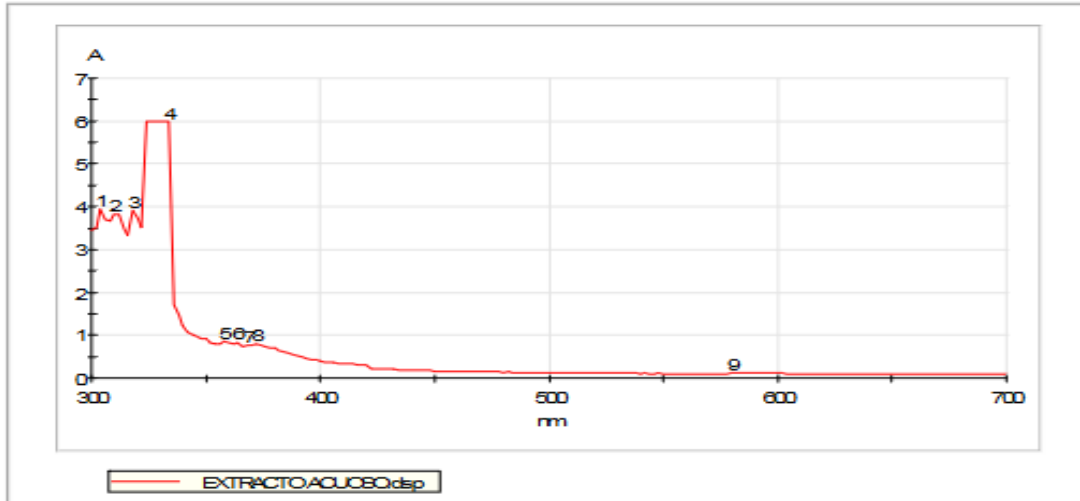
ANEXOS

ANEXO A: EXTRACCIÓN DE COLORANTE DE GUARANGO.



ANEXO B: BARRIDO ESPECTRAL DE EXTRACTO ACUOSO Y EXTRACTO ETANOLICO.

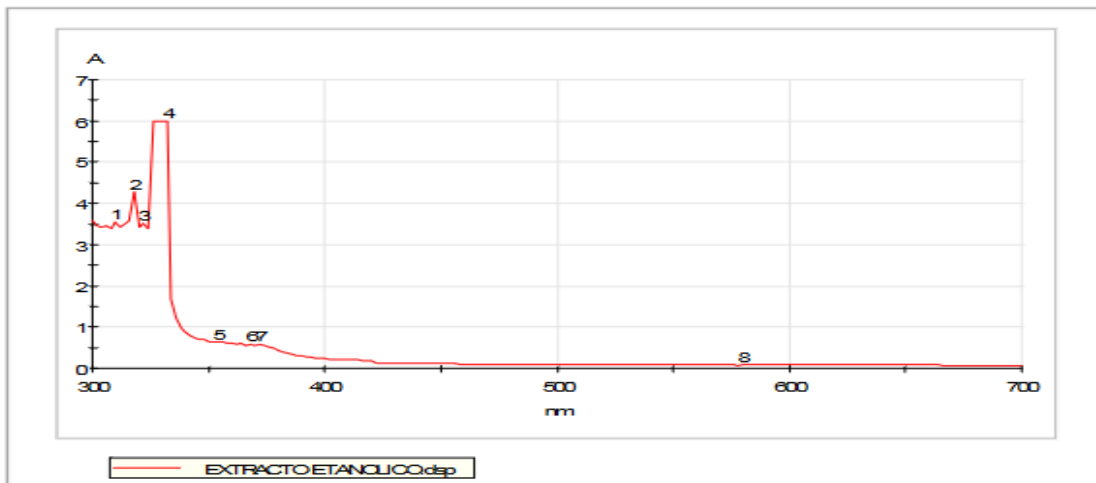
Espectro : EXTRACTO ACUOSO.dsp
 Descripción:
 Operario: Usuario/USUARIO-PC
 Creado: 26/04/2023 12:16:07
 Espectrofotómetro: BETA
 Número de serie: 140113
 Firmware: v4.60 v4.80



EXTRACTO ACUOSO.dsp

Picos	Umbral: 0,01 A
1 304 nm;	3,951 A
2 310 nm;	3,833 A
3 318 nm;	3,914 A
4 334 nm;	6,000 A
5 358 nm;	0,841 A
6 364 nm;	0,814 A
7 368 nm;	0,770 A
8 372 nm;	0,782 A
9 580 nm;	0,120 A

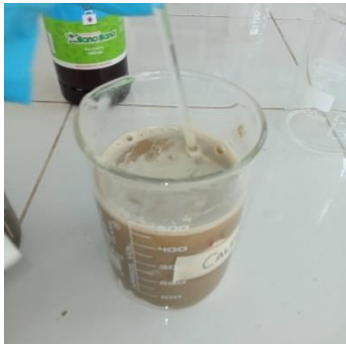
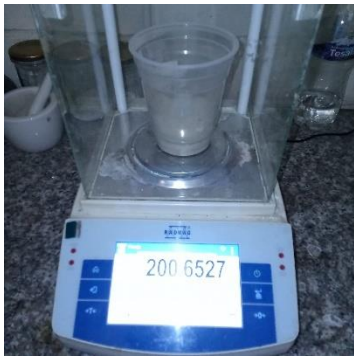
Espectro : EXTRACTO ETANOLICO.dsp
 Descripción:
 Operario: Usuario/USUARIO-PC
 Creado: 26/04/2023 12:11:10
 Espectrofotómetro: BETA
 Número de serie: 140113
 Firmware: v4.60 v4.80



EXTRACTO ETANOLICO.dsp

Picos	Umbral: 0,01 A
1 310 nm;	3,550 A
2 318 nm;	4,276 A
3 322 nm;	3,523 A
4 332 nm;	6,000 A
5 354 nm;	0,651 A
6 368 nm;	0,569 A
7 372 nm;	0,578 A
8 580 nm;	0,096 A

ANEXO C: ADECUACIÓN DE ARCILLA



ANEXO D: DILUCIONES PARA CURVA DE CALIBRACIÓN

Diluciones al 10%, 20%, 30%, 40% y 50%



ANEXO E: ADSORCIÓN, DILUCIÓN Y ESPECTROFOTOMETRÍA



ANEXO F: COLORANTE EN POLVO




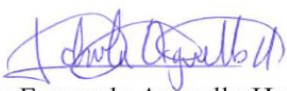
ANEXO G: TABLA ANOVA

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
Modelo	17	1495,16	87,95	2,61	0,0077
Origen	2	49,72	24,86	0,74	0,4855
Extracto	1	60,80	60,80	1,80	0,1877
Tiempo	2	181,39	90,69	2,69	0,0815
Origen*Extracto	2	139,37	69,69	2,07	0,1414
Origen*Tiempo	4	279,44	69,86	2,07	0,1049
Extracto*Tiempo	2	536,89	268,44	7,96	0,0014
Origen*Extracto*Tiempo	4	247,55	61,89	1,84	0,1434
Error	36	1213,87	33,72		
Total	53	2709,03			



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 30/ 01 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Andrea Carolina Torres Santillán
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias Pecuarias
Carrera: Agroindustria
Título a optar: Ingeniera Agroindustrial
 Dr. Juan Marcelo Ramos Flores, M.Sc. Director del Trabajo de Integración Curricular
 Ing. Paola Fernanda Arguello Hernández, M.Sc. Firma del Asesor del Trabajo de Integración Curricular