



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



TEC
de Teziutlán

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TEZIUTLÁN

Tesis



“Extracción de celulosa a partir de residuos orgánicos para su aplicación como biopelícula en la industria alimentaria”

PRESENTA:

**MARIA DEL CARMEN HERNÁNDEZ
CHINO**

CON NÚMERO DE CONTROL
20TE0282

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

CLAVE DEL PROGRAMA ACADÉMICO
IIAL-2010-219

DIRECTOR (A) DE TESIS:
DRA. JULIETA DEL CARMEN VILLALOBOS ESPINOSA

“ La Juventud de hoy, Tecnología del Mañana”

TEZIUTLÁN, PUEBLA, JUNIO 2024



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TEZIUTLÁN

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de Teziutlán, Puebla., el día 30 del mes de mayo del año 2024, el (la) que suscribe **María del Carmen Hernández Chino** alumno (a) de la carrera de **Ingeniería en Industrias Alimentarias** con número de control **20TE0282**, adscrito al Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, manifiesta que es autor(a) intelectual del presente trabajo de Tesis de licenciatura bajo la dirección de la **Dra. Julieta del Carmen Villalobos Espinosa y Dra. Mayra Nicolás García** ceden los derechos del trabajo titulado "**Extracción de Celulosa a partir de Residuos Orgánicos para su Aplicación en la Industria Alimentaria**" al Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán y a los directores del proyecto para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director (es) del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a las siguientes direcciones: julieta.ve@teziutlan.tecnm.mx; mayra.ng@teziutlan.tecnm.mx; L20TE0282@teziutlan.tecnm.mx; si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

María del Carmen Hernández Chino

Nombre y firma del alumno
(a)

Dra. Julieta del Carmen Villalobos Espinosa
Director (a) de Tesis

Vo. Bo

Dra. Mayra Nicolás García
Director (a) de Tesis

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán por brindarme el material y el equipo para la realización de esta investigación, así como también agradezco a mis asesoras las doctoras Julieta del Carmen Villalobos Espinosa y Mayra Nicolás García quienes siempre me apoyaron en cualquier duda, fueron muy pacientes y que me brindaron el material que fue necesario.

Agradezco también a mi familia, a mis amigos y personas que se interesaron por mi proyecto, en especial agradezco a mi amigo Aarón Medina Salazar quien tuvo la disponibilidad de prestarme su equipo de cómputo para la elaboración del escrito.

PRELIMINARES

Resumen

La celulosa es un biopolímero natural abundante en los residuos orgánicos que mediante una serie de procesos puede ser extraída, debido a su estructura química; este polímero posee propiedades similares al almidón, El objetivo del trabajo fue extraer celulosa a partir de residuos orgánicos para su posterior aplicación como biopelícula en la industria alimentaria. La extracción y cuantificación de celulosa contenida en tres residuos sólidos urbanos como el residuo de café, cáscara de guaje (*Leucaena Leucephala*) y cáscara de yaca (*Artocarpus heterophyllus*) se realizó mediante hidrólisis ácida y básica. Los residuos se pre-trataron para la eliminación de humedad, contenido lipídico y fenólico, así como su cuantificación fenólica y antioxidante. Para el desarrollo de la biopelícula se realizaron ensayos utilizando glicerol como agente plastificante y celulosa obtenida de residuo de café, se realizó una acetilación para mejorar las características de la biopelícula propuesta. De acuerdo con la caracterización química de los residuos sólidos urbanos, la cáscara de guaje presentó mayor contenido de humedad de 37.25% en comparación con la cáscara de yaca (10.11%) y residuo de café de 3.75%. Con respecto al contenido lipídico el residuo de café presentó 11.42% sobre residuos de cáscara de yaca (3.01%) y guaje (7.49%). Los residuos de café y cáscara de yaca evidenciaron un contenido de 24.90% y 11.45% de lignina, así como 38.16% y 27.71% de celulosa, respectivamente. Se observó que mediante este método solo la celulosa contenida en el residuo de café puede ser extraída mientras que este método no resultó apto para el residuo de cáscara de yaca y cáscara de guaje. Se propuso la aplicación de la celulosa en la elaboración de una biopelícula a partir de residuos de café para lo cual se realizaron ensayos con diferentes concentraciones de celulosa (3,4,5 y 6g) aplicando glicerol (0.1mL) como agente plastificante, dichos ensayos no demostraron características de un bioplástico ya que de manera cualitativa no presentaban estructura ni resistencia, por ello se realizó una acetilación añadiendo ácido acético en dos formulaciones; la primera de ellas sin agregar glicerol, mientras que la segunda se realizó con la adición de glicerol, esta última presentó características (cualitativas) más similares a las de un bioplástico.

Palabras claves: Residuos sólidos urbanos, extracción por hidrólisis ácida, celulosa, biopelícula.

Abstract

Cellulose is a natural biopolymer abundant in organic waste that can be extracted through a series of processes, due to its chemical structure; This polymer has properties similar to starch, The objective of the work was to extract cellulose from organic waste for its subsequent application as a biofilm in the food industry. The extraction and quantification of cellulose contained in three municipal solid wastes such as coffee residue, guaje husk (*Leucaena Leucephala*) and jackfruit husk (*Artocarpus heterophyllus*) was carried out by acid and basic hydrolysis. The residues were pre-treated for the removal of moisture, lipid and phenolic content, as well as their phenolic and antioxidant quantification. For the development of the biofilm, tests were carried out using glycerol as a plasticizing agent and cellulose obtained from coffee residue, an acetylation was carried out to improve the characteristics of the proposed biofilm. According to the chemical characterization of the urban solid waste, the guaje husk had a higher moisture content of 37.25% compared to the jackfruit husk (10.11%) and coffee residue of 3.75%. Regarding the lipid content, coffee residue presented 11.42% of jackfruit husk residues (3.01%) and guaje (7.49%). Coffee and jackfruit husk residues showed a content of 24.90% and 11.45% lignin, as well as 38.16% and 27.71% cellulose, respectively. It was observed that by this method only the cellulose contained in the coffee residue can be extracted, while this method was not suitable for the residue of jackfruit husk and guaje husk. It was observed that by this method only the cellulose contained in the coffee residue can be extracted, while this method was not suitable for the residue of jackfruit husk and guaje husk. The application of cellulose in the production of a biofilm from coffee residues was proposed, for which tests were carried out with different concentrations of cellulose (3,4,5 and 6g) applying glycerol (0.1mL) as a plasticizing agent, these tests did not demonstrate characteristics of a bioplastic since qualitatively they did not present structure or resistance. therefore, acetylation was performed by adding acetic acid in two formulations; the first of

them without adding glycerol, while the second was made with the addition of glycerol, the latter presented (qualitative) characteristics more similar to those of a bioplastic.

Keywords: Urban solid waste, extraction by acid hydrolysis, cellulose, biofilm.

Introducción

Actualmente el crecimiento poblacional descontrolado ha provocado que el manejo de los residuos sólidos urbanos sea un problema que necesita pronta solución. De acuerdo con la organización de las Naciones Unidas México es uno de los principales países que producen más desechos en América latina y se estima que para 2050 se alcancen hasta 671,000 toneladas de residuos sólidos urbanos. La mala gestión de los residuos sólidos urbanos impacta directamente a la sostenibilidad y puede crear efectos nocivos para el medio ambiente que van desde la contaminación del suelo, el aire, el agua, la pérdida de la biodiversidad y algunos riesgos para la salud. Sin embargo, estos residuos son fuente de almidón, celulosa y otros biopolímeros, estos componentes se han implementado para la elaboración de bioplásticos de fácil degradación pues son obtenidos de fuentes biodegradables que mitigan la contaminación ambiental generada por plásticos procedentes de fuentes fósiles como petróleo (Carrillo et al., 2024; Dávila et al., 2021; Naciones Unidas, 2014).

El origen de estos residuos dependerá de los productos de los cuales hayan sido desechados y de los procesos industriales que los produjeron, de hecho, la materia orgánica de estos está compuesta generalmente de celulosa, lignina hemicelulosa y pectinas (Guevara, 2022). Algunas fuentes de celulosa son los residuos orgánicos tales como la cáscara de guaje (*Leucaena leucacephala*), corteza de yaca (*Artocarpus heterophyllus lam*) y residuo de percolación de café.

El café es un producto cultivado a nivel mundial y se utiliza principalmente para la preparación de infusiones con base de granos molidos obteniendo el residuo conocido como borra de café. Se estima que la producción mundial de café en 2010 generó hasta 8 millones de toneladas de borra de café que se pueden utilizar para su aprovechamiento como biodiesel, extracción de celulosa, entre otros usos (Urribarri, 2014).

Por otro lado, la yaca es un fruto tropical introducido en México desde 1984. Villalba et al. (2023) mencionan que el estado con mayor producción de este fruto es Nayarit, este fruto puede alcanzar hasta los 25 kg en peso, se compone

por una cáscara o corteza, bulbos o pulpa y semillas. Debido al impulso reciente de la producción de yaca aún no se ha implementado procesos que transformen a estos residuos que generen algún beneficio conveniente económico o que contribuyan al aprovechamiento de este de recurso. En 2014 se produjeron cerca de 35,000-563 toneladas de yaca de los cuales entre el 40 y 60% del peso total de estos frutos pertenece a la cáscara lo cual equivale a 13515-14,225 toneladas respectivamente, dicho residuo se limitaba al uso de alimento de vacas y cabras. Mientras que, la producción de guaje en México se debe a su aplicación en la alimentación bovina, a nivel mundial el guaje se cultiva aproximadamente en 12000 regiones, a los residuos de guaje se atribuyen diferentes usos como: aprovechamiento del tallo como inhibidor de gases de efecto invernadero, la semilla es consumida por sus nutrientes, mientras que la cáscara que cubre dicha semilla es poco aplicada. Se estima que el contenido de fibra del guaje se aproxima a los 10.55% del total de la vaina, lo cual recordemos que la fibra pertenecerá a la cáscara. (Ramírez et al., 2019; Leong, 2016; Román 2014).

Los residuos son fuente principal de la celulosa, un polisacárido contenido en la pared celular que se extrae mediante distintos métodos para su aplicación en la industria alimentaria para el desarrollo de bioplásticos, entre los métodos más efectivos se encuentran: hidrólisis ácida, básica y enzimática. En la hidrólisis ácida se duplican o triplican enlaces a partir de reacciones de hidratación con ácido sulfúrico y ácido clorhídrico. La hidrólisis básica se basa en la división de una molécula de agua en un hidrógeno y un hidróxido, y puede utilizarse sustancias alcali como hidróxido de sodio e hidróxido de potasio (Bejarano, 2023).

Los bioplásticos son materiales caracterizados por estar hechos a base de materiales orgánicos, naturales y renovables considerados biodegradables, estos tratan de reemplazar a los plásticos que conocemos hoy en día provenientes de fuentes fósiles (Rimac, 2019).

Por lo anterior, se propuso la extracción de celulosa de residuos orgánicos para su implementación en la elaboración de una biopelícula.

ÍNDICE GENERAL

Portada.....	1
AGRADECIMIENTOS	3
PRELIMINARES	4
Resumen	5
Abstract.....	6
Introducción	8
Índice de tablas	11
Índice de Figuras.....	12
Índice de gráficas.....	13
CAPÍTULO III	14
DESARROLLO DEL PROYECTO.....	15
1.1 Descripción de la institución.....	15
1.2 Planteamiento del problema.....	16
1.3 Objetivos	17
1.5 Justificación	18
CAPÍTULO II	19
MARCO TEÓRICO	19
2. Marco teórico	20
2.1 Residuos agroindustriales	20
2.2 Clasificación de los residuos orgánicos	20
2.3 Residuos de Café	21
2.4 Cáscara de guaje (<i>Leucaena leucocephala</i>)	21
2.5 Cáscara de Yaca (<i>Artocarpus heterophyllus lam</i>)	22
2.6 Biopolímeros en residuos orgánicos.....	23 22
2.7 Métodos de extracción del biopolímero celulosa.....	26 25
2.7.3.3 Acetilación de celulosa.....	27
CAPÍTULO III	29
DESARROLLO Y METODOLOGÍA	29
3.1 Diseño y metodología de la investigación	30
3.3.2 Determinación de lípidos	32
CAPÍTULO IV	41
RESULTADOS.....	41
4. Resultados	42

4.1.2 Cuantificación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante.....	43
CAPÍTULO V.....	51
CONCLUSIONES	51
5. Conclusiones	52
CAPÍTULO VI	53
COMPETENCIAS DESARROLLADAS	53
6. Competencias desarrolladas	54
CAPÍTULO VII	55
FUENTES DE INFORMACIÓN	55
7.1 Fuentes de información	56
CAPÍTULO VIII	68
ANEXOS.....	68
8.1 Determinación de humedad	69
8.2 Determinación de lípidos	70
8.3 Cuantificación de flavonoides.....	71
8.4 DPPH.....	73

Índice de tablas

Tabla 1. Curva de quercetina (0.1 mg/ml)	34
Tabla 2. Curva de trolox (0.1 mg/ml)	34
Tabla 3. Formulación de la biopelícula de celulosa.....	39
Tabla 4. Caracterización química de residuos orgánicos.	42
Tabla 5. Composición fitoquímica de residuos orgánicos.	44
Tabla 6. Contenido de celulosa y lignina.	46
Tabla 7. Formulaciones desarrolladas para la obtención de biopelículas.....	49
Tabla 8. Análisis de varianza para determinación de humedad.	69
Tabla 9. Medias en las muestras de humedad.....	69
Tabla 10. Tukey con una confianza de 95% para muestras de determinación de humedad.	69
Tabla 11. Análisis de varianza para la determinación de lípidos.....	70
Tabla 12. Medias en determinación de lípidos.....	70

Tabla 13. Tukey con una confianza de 95% para muestras de determinación de lípidos.	71
Tabla 14. Análisis de varianza.	71
Tabla 15. Medias para la determinación de flavonoides.	72
tabla 16. Tukey para la determinación de flavonoides con una confianza de 95%.	72
tabla 17. Análisis de varianza en determinación de capacidad antioxidante. .	73
tabla 18. Tukey en determinación de capacidad antioxidante con una confianza de 95%.	73

Índice de Figuras

Figura 1. Instituto tecnológico superior de teziutlán.	15
Figura 2. Estructura de pared celular.	23
Figura 3. Diagrama de procesamiento de las muestras de café, residuo de yaca y cáscara de guaje.....	30
Figura 4. Determinación de humedad. A) cáscara de guaje; b) residuo de café; c) residuos de corteza de yaca.....	31
Figura 5. Extracción del contenido de lípidos.	32
Figura 6. Proceso de extracción de compuestos fenólicos, a) maceración con solvente; b) centrifugado para la sedimentación de la muestra sólida.	33
Figura 7. Determinación de celulosa.....	36
Figura 8. Extracción de celulosa. A) hidrólisis básica; b) filtración con bomba de vacío.....	37
Figura 9. Proceso de blanqueo de celulosa.	38
Figura 10. Homogenización de celulosa.....	39
Figura 11. Hidrólisis básica en residuo de café. A) 15%; b) 13%; c) 10%. ...	46
Figura 12. Hidrólisis básica en cáscara de yaca. A)15%; b)13%; c)10%	47
Figura 13. Proceso de blanqueamiento de muestras. A) muestra de café; b) muestra cáscara de yaca.	47

Figura 14 .a), b), c), d) representan formulaciones de glicerol y celulosa; e) formulación de celulosa y ácido acético; f) formulación de celulosa, glicerol y ácido acético. 48

Índice de gráficas

Gráfica 1. Tukey en determinación de humedad	7069
Gráfica 2. Tukey en extracción de grasas.	71
Gráfica 3. Tukey en determinación de flavonoides.	72
Gráfica 4. Tukey en determinación de capacidad antioxidante.	73
Gráfica 5. Curva estándar para la cuantificación de flavonoides.	74
Gráfica 6. Curva estándar para la cuantificación de capacidad antioxidante. .	74

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

DESARROLLO DEL PROYECTO

1.1 Descripción de la institución

El Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán es un instituto creado con el objetivo de ser uno de los mejores y avanzados medios de educación del país, fue fundado el 1 de septiembre de 1993 en las instalaciones de CBtis No.44 inicialmente ubicado en el barrio de Ahuateno Teziutlán Puebla, en ese mismo año el día 19 de Noviembre fue aprobado por parte del Congreso local, la firma del Convenio entre la SEP y el Gobierno Estatal, para crear el Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Puebla (Figura 1). Esta institución mantiene e implementa continuamente su sistema de gestión de calidad de acuerdo a la norma ISO:9001:2015. Actualmente oferta 8 licenciaturas y dos maestrías; Licenciaturas en Ingeniería en Industrias Alimentarias, Ingeniería en Sistemas computacionales, Ingeniería en mecatrónica, Ingeniería en Gestión Empresarial, Ingeniería Industrial, Informática, Animación Digital y Efectos visuales, Turismo, Maestría en sistemas computaciones y Maestría en Ingeniería industrial.



Figura 1. Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán.

1.2 Planteamiento del problema

Uno de los mayores problemas que se ha enfrentado en los últimos años a nivel mundial es la contaminación por residuos sólidos urbanos (RSU) generados, derivado del manejo inadecuado (Cabrera et al., 2022; Vargas et al., 2018). México se encuentra entre los países que más desechos producen de América latina, el I'NEGI en 2019 reportó que en México se recolectan aproximadamente 86,343 toneladas de basura diariamente. Se estima que se alcancen 671,000 toneladas de RSU para el año 2050 (INNEGI, 2019). Anualmente se generan cerca de 13515 toneladas de residuo de corteza de yaca a nivel mundial, lo cual corresponde al 60% del peso total de estos frutos, mientras que el residuo de café genera hasta 8 millones de toneladas de residuo procedente de la percolación (Leong, 2016; Urribarrí, 2014). otra parte, la contaminación por plásticos utilizados en diferentes sectores industriales como la alimentaria ha ido incrementando, ocasionando consecuencias desfavorables para los seres vivos, ya que puede alterar los hábitats y los procesos naturales, reduciendo la capacidad de los ecosistemas para adaptarse al cambio climático, afectando directamente a los medios de vida, a su capacidad de producción de alimentos y a su bienestar social (Cornejo et al., 2020). Por ello, través de los años se han buscado alternativas que disminuyan el impacto ambiental de los plásticos derivados de hidrocarburos.

1.3 Objetivos

Objetivo general

Extraer celulosa a partir de residuos orgánicos para su aplicación en la industria alimentaria.

Objetivos específicos

- Realizar la caracterización química de las harinas de los residuos orgánicos.
- Estandarizar el proceso de extracción de celulosa a partir de residuos orgánicos.
- Cuantificar los compuestos fenólicos de los extractos de residuos orgánicos.
- Proponer el proceso de elaboración de una biopelícula de celulosa extraída.

1.5 Justificación

Actualmente, la búsqueda de alternativas sostenibles y con el medio ambiente se ha convertido en una prioridad global. Dentro de este contexto, el aprovechamiento de residuos sólidos urbanos (RSU) para la obtención de materiales renovables y biodegradables lo cual representa una oportunidad prometedora tales como la borra de café, cáscara de guaje y yaca. Sin embargo, estos residuos son fuente de componentes de interés tales como la celulosa un componente clave en la elaboración de bioplásticos y así ser una alternativa sostenible para contribuir a disminuir la contaminación ambiental y valorizarlos como materia prima para la obtención de celulosa. Los bioplásticos elaborados a partir de celulosa de residuos de orgánicos ofrecen numerosos beneficios debido a que son biodegradables. Por todo lo anterior, el uso de RSU para la obtención de celulosa destinada a la elaboración de bioplásticos es una opción prometedora que combina la gestión sostenible de residuos con la producción de materiales respetuosos con el medio ambiente. Esta iniciativa no solo contribuye a reducir la contaminación y la dependencia de los plásticos derivados del petróleo, sino que también abre nuevas oportunidades para la innovación y el desarrollo de productos más sostenibles en diversos sectores industriales. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue extraer celulosa a partir de residuos orgánicos para su aplicación en la elaboración de una biopelícula.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2. Marco teórico

2.1 Residuos agroindustriales

La agroindustria genera residuos sólidos orgánicos; el 75% de estos es destinado al compostaje, producción de energía, o incorporación a suelos, mientras que el 24% es utilizado para alimentación animal y solo el 1% es reutilizado (Maticevich, 2023). Mena et al. (2024) informaron que la industrialización, urbanización y el crecimiento poblacional genera alrededor de 11.200 millones de toneladas de residuos a nivel mundial, ocasionando un impacto ambiental negativo. Las cáscaras, huesos, semillas, pulpas, hojas, tallos y tortas procedentes del prensado forman parte de los residuos agroindustriales. Estos pueden convertirse en problemas ambientales económicos sostenibles y de seguridad alimentaria. Por ello, se buscan soluciones que cumplan con lo propuesto con la agenda 2030 para reducir desperdicios alimentarios en las cadenas de producción y suministro (Salazar, 2023; Romero, 2022).

Devi et al. (2022) mencionaron que en los últimos años se ha buscado valorizar los residuos agroindustriales a través de su aprovechamiento en la obtención de biogas, biocombustibles o compostas. Por otro lado, Saval (2012) afirma que las características de residuos agroindustriales varían de acuerdo con el tipo de residuo, sin embargo, todos tienen en común la composición de su materia orgánica compuesta por concentraciones distintas de celulosa, lignina, hemicelulosa y pectina.

2.2 Clasificación de los residuos orgánicos

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno Mexicano clasifica los residuos sólidos urbanos en orgánicos (todo desecho de origen biológico que alguna vez estuvo vivo o fue parte de un ser vivo) e inorgánicos

(todo desecho que no es de origen biológico) con el fin de facilitar la separación de estos estos (SEMARNAT, 2021).

De acuerdo con la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales el reciclaje de residuos se realiza con el fin de transformar a los residuos mediante diferentes procesos que permitan destruir su valor económico y se evite a su disposición final siempre y cuando se restituya favoreciendo un ahorro de energía y materias primas sin causar daños a los ecosistemas y seres vivos. (SEMARNAT, 2021).

2.3 Residuos de Café

El café es una bebida de alto valor comercial debido a que es consumida a nivel mundial, generalmente se prepara como infusión utilizando granos molidos. Sin embargo, después de la percolación de dicha bebida se obtienen residuos conocidos como “borra de café” que represente el 10% del peso total del café (Meza et al., 2020; Zengin et al., 2020). El residuo de café representa aproximadamente el 45% del peso total empleado para la elaboración de la bebida, sin embargo, este contiene compuestos bioactivos y nutrientes como el potasio, ácido palmítico, vitamina E, fibra dietética, melanoidinas, etc. La presencia de compuestos antioxidantes como el ácido clorogénico, el ácido cafeico, trigodelina, ácido elágico, entre otros fitoquímicos lo hace un residuo con importancia biológica (González et al., 2023). Se han realizado estudios que demuestran que el café ofrece un sinnúmero de beneficios a la salud; beneficios que van desde la prevención de cáncer, combatir enfermedades como diabetes tipo II, enfermedad del Parkinson y Alzheimer (Freritas, 2021).

2.4 Cáscara de guaje (*Leucaena leucocephala*)

El guaje es una planta florea y fructicia, en las flores de este sistema biótico crecen vainas que contienen semillas utilizadas en alimentos, es cultivada entre los meses de agosto a mayo, la población acostumbra a consumir la inflorescencia, vainas tiernas o en forma de semillas secas debido a su alto nivel proteico, fibra cruda y bajo costo (Cubillos et al., 2017). Las vainas del guaje son oblongas son segmentadas en capítulos florales de 30 vainas o más, tienen un largo de 12 a 25 cm por 1.2 a 2.3 cm de ancho y cuando son tiernas pueden

contener de 15 a 30 semillas las cuales tienen una forma elíptica. Es cultivada en México generalmente se encuentra en su mayoría en la península de Yucatán aunque también se ha reportado la producción de esta planta en baja California Sur, Campeche, Chiapas, Coahuila, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas y Tlaxcala, de hecho se cree que fue traído de Sudamérica desde la prehistoria, y fue plantada inicialmente en Tehuacán-Cuicatlán. Sin embargo, el consumo de las semillas genera 10.07% de residuos constituidos por la vaina (Manzanares et al., 2023; Román, 2014). El follaje de *Leucaena* en conjunto con las vainas contiene tantos nutrientes que lo hacen un alimento casi completo para rumiantes debido a que su patrón de aminoácidos es casi comparable con el de la soya y harina de pescado (Ramírez, 2023).

2.5 Cáscara de Yaca (*Artocarpus heterophyllus lam*)

La yaca es un fruto proveniente del occidente de India y Malasia, aunque también se han encontrado ejemplares en África central y oriental, en países de Sudamérica. En México se produce en épocas cálidas en zonas húmedas tropicales y subtropicales, es conocido como el fruto de los siete sabores y es de alto valor nutricional. La yaca contiene un núcleo o conocido como eje de la fruta, bulbo comestible carnoso, escama la cuál Se comprende de la parte exterior empaquetada en forma de seda de las pulpas y cáscara correspondiente a la parte no comestible y esta representa alrededor del 46% del total de la fruta, diversos estudios señalan que se ha comprobado sus efectos antiinflamatorios e inmunoreguladores (Villalba et al., 2023; Guamán, 2021; Lu Zhang et al., 2017). Sin embargo, se ha informado que las semillas y la cáscara de yaca contienen compuestos bioactivos y nutrimentales, los cuales no han sido aprovechado o valorizados. La cáscara está constituida principalmente por pectina, se ha utilizado para la obtención de carbón activo y biocombustibles. A pesar de poseer propiedades antioxidantes no tiene ningún valor económico actualmente (Villalba et al., 2023; Barrera et al., 2017).

2.6 Biopolímeros en residuos orgánicos

Todas las plantas poseen pared celular las cuales son estructuras complejas que se han adaptado en respuesta a los estímulos externos y condiciones del ambiente, se ha definido como una matriz extracelular que da protección y determina características morfológicas de las plantas para su desarrollo, además tiene, posee diversos componentes como pectinas, inulinas, gomas, celulosa, fibra y mucílagos como muestra la Figura 2. (Frontela, 2023).

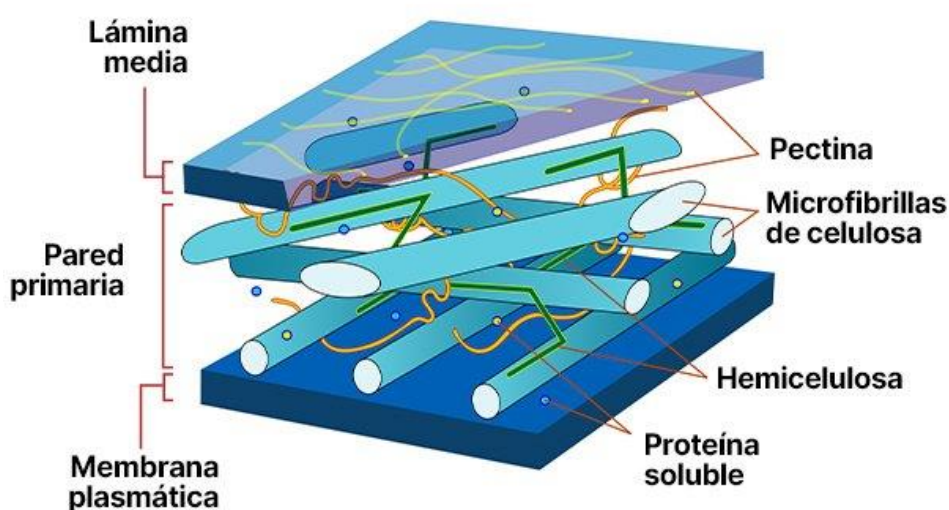


Figura 2. Estructura de pared celular.

2.6.1 Pectinas

La pectina es un polisacárido que se encuentra en la pared celular de plantas frutas y hortalizas principalmente, se caracteriza por su estructura compleja constituida por cadenas de ácido galacturónico unidas por enlace alfa 1,4-glucosídicos. Por su solubilidad en agua se ha empleado como gelificante, espesante, estabilizante etc (González et al., 2024).

2.6.2 Fibra

La fibra contenida en la pared celular se clasifica en fibra soluble e insoluble. La fibra soluble es aquella que cuando entran en contacto con el agua es capaz de formar retículos en los cuales queda atrapado. El agua de tal manera que se

generan soluciones de altas viscosidades, debido a sus estructuras con ramificaciones tiene menos posibilidades de formar aquellas estructuras ordenadas en soluciones. Por otro lado, la fibra insoluble es aquella que tienen la capacidad de poder retener agua y obtienen como resultado mezclas de baja viscosidad esta presenta estructuras ordenadas en una solución con una solubilidad muy limitada y son resistentes a la digestión humana, está constituida por celulosa, hemicelulosa y lignina (Guangamante et al., 2023; Capuno, 2017).

2.6.3 Hemicelulosa

Este componente es considerado un polisacárido que conecta a la celulosa y lignina caracterizado por su estructura amorfa con propiedades hidrofílicas, por ello es fácil de desprender de la celulosa. La hemicelulosa es un heteropolisacárido que se ha formado por monosacáridos como glucosa galactosa fructosa, se encuentran las paredes de las células vegetales y recubre la superficie de las fibras de celulosa esto permite los enlaces con las pectinas, se caracteriza por ser una molécula con ramificaciones y es capaz de unirse con otras moléculas mediante enlaces que se encuentran en la pared rígida (Acevedo, 2021; Ayala, 2020).

La hemicelulosa es el segundo polímero más importante después de la celulosa, este polímero se ha estudiado para su aplicación en hidrogeles, fármacos, termoplásticos y azúcares fermentables (debido al contenido de xilosa y glucosa), Estas aplicaciones se le atribuyen a que es fácilmente hidrolizada con el empleo de ácidos diluidos que forman diferentes monosacáridos en los productos; primero se forma xilosa, después arabinosa, manosa, galactosa y finalmente glucosa (Velázquez et al., 2020).

2.6.4 Lignina

La lignina está presente en todas las plantas y se forma mediante la reacción de fotosíntesis, es producto muy asequible y de usos potenciales en la industria, el aislamiento de este compuesto ha incrementado en los últimos años. La estructura de la lignina no es tan clara a comparación de otros polímeros

naturales como la celulosa y hemicelulosa, dada esta complejidad es difícil realizar su aislamiento su análisis de composición y caracterización estructural, pues sus unidades estructurales no se repiten de forma regular y la estructura de este polímero dependerá de su origen y método de extracción, sin embargo, de manera general la lignina debe cumplir con las siguientes características: ser un polímero de origen vegetal construido a partir de unidades de fenilpropanoides, además de ello, debe presentar grupos metoxilo, así como también debe ser resistente a la hidrólisis ácida, fácilmente oxidables y solubles en bisulfito o álcaliz altas temperaturas, de fácil condensación con fenoles, y en combinación con soluciones etanólicas de ácido clorhídrico deben formar cetonas (Soto, 2023; Grilli, 2015; Chávez, 2013).

2.6.5 Celulosa

La celulosa es un polímero que está constituida estructuralmente con enlaces β -1,4 glucosídicos, posee estructuras semicristalinas que varían de acuerdo con el tipo de pared celular de la cual es extraída. La celulosa es sintetizada a través de reacciones de polimerización de la α -D-glucopirronasa que es catalizada a través de complejos enzimáticos, dichos complejos forman macroestructuras examéricas que se encuentran en la membrana plasmática. Este polisacárido presenta propiedades como la insolubilidad al agua, alta densidad, viscosidad y mayor grado de polimerización (Meza et al., 2024; Miranda, 2019).

Existe una gran variedad de polímeros, pues son accesibles ya que el costo de producción de este tipo de materiales es reducido en comparación con la fabricación de otros polímeros sintéticos. Una de las propuestas es mediante la obtención de nanomateriales de celulosa pues concede diversas aplicaciones (Valdivieso, 2020; Mena et al., 2019).

Algunos autores señalan que el aprovechamiento de la celulosa como biopolímeros para la elaboración de empaques aplicados a la industria alimentaria disminuyen el problema de contaminación ambiental y que en el futuro se espera que sustituyan a los plásticos no degradables (García, 2020).

2.7 Métodos de extracción del biopolímero celulosa

Actualmente existen diversos métodos para la obtención de celulosa, estos se clasifican en 3 grupos: mecánicos, químico-termomecánicos y químicos (Masrat, 2020).

2.7.1 Métodos mecánicos

El método mecánico es el más sencillo y consiste en desfibrar el sistema de interés con altas temperaturas y presiones; rompe enlaces de otros componentes a través de presiones, pero en algunos casos, las presiones son tan altas que los enlaces de celulosa no resisten. Por ello, la celulosa extraída a partir de este método es poco o nada resistente (Masrat, 2020). Los métodos físicos en algunos casos son utilizados para tratamientos de los residuos debido a su baja eficacia, este proceso puede provocar cambios de las propiedades de las fibras de celulosa (Llivicura, 2020). Pinzón et al. (2022) realizaron la extracción de celulosa mediante un digestor obteniendo 20% de rendimiento del sólido de los residuos de granos de café.

2.7.2 Métodos químio-termo

El método químio-termo es una combinación de los métodos físicos y químicos, en este método se obtiene celulosa fibrosa y con algunos residuos de lignina, por lo que aporta a la biomasa un color parecido al del café (Masrat, 2020). Medina et al. (2022) señalan que la por medio de combinación de este método y la acción hidrolítica de algunos radicales ácidos los cuales se encargan de romper la estructura lignocelulósica se logra obtener celulosa en forma de una pasta. Sin embargo, mediante este proceso se obtiene alto porcentaje de agua y residuos de lignina.

2.7.3 Métodos químicos

Este método permite la extracción de celulosa de mayor pureza y resistencia (Méndez, 2014). Las características principales de estos métodos es que suelen involucrar cocción de la materia lignocelulósica en una sustancia química, uso de sustancias que permitan intercambio iónico, uso de agua o acción enzimática. Se

han reportado diversos métodos químicos tales como hidrólisis ácida, básica e hidrólisis enzimática (Renato, 2024; Manzano et al., 2023).

2.7.3.1 Hidrólisis básica

La hidrólisis alcalina es el método más utilizado debido que se logra separar la celulosa y lignina y genera alto rendimiento de extracción. Se han empleado diferentes sustancias álcali tales como NaOH, NH₃, CaO y Ca (OH)₂. La base o sustancia alcalina es la responsable de la degradación de ésteres y cadenas laterales por lo que la estructura de la lignina se ve afectada por ello ocurre una pérdida de la característica de cristalinidad de celulosa y solvatación de algunas hemicelulosas (Matute, 2023). Angamarca (2023) realizó la extracción de celulosa a partir de residuos de choclo brócoli y alverjas mediante hidrólisis alcalina, obtuvo en celulosa de choclo: 28.51%, celulosa de tallos de brócoli: 70.49%, celulosa en vainas de arvejas 35.62%, por lo que se demostró que la mayor concentración de celulosa se encuentra en los tallos de brócoli.

2.7.3.2 Blanqueo

Este proceso es fundamental ya que trata de remover impurezas entre ellos remueve alguna parte de lignina que no se pudo retirar en los procesos anteriores, dicho proceso se realiza mediante acción directa de hipoclorito de sodio dado que es un agente altamente corrosivo (Apolo,2022).

García (2023) realizó un estudio en el cual se obtuvo celulosa microcristalina a partir de *Pennisetum purpureum*, utilizó hipoclorito de sodio al 5% obteniendo un rendimiento de 37.95%, además realizó una evaluación de parámetros de pH, humedad y solubilidad para que el polímero obtenido sea aplicado de grado farmacéutico.

2.7.3.3 Acetilación de celulosa

La acetilación de celulosa se basa en la reacción de ácido acético glacial y anhídrido acético con la presencia de algún catalizador que permita que ocurra la esterificación. Se obtiene un derivado de celulosa denominado acetato de

celulosa, hoy en día se conoce como principal uso su aplicación en plásticos y la elaboración de algunas fibras. El acetato de celulosa de diferentes fuentes puede utilizarse en la fabricación de películas filtros de cigarros membranas de filtración plásticos de consumo revestimiento algunos compuestos laminados, médicos y farmacéuticos, debido a que en adición a poliuretano pueden presentar una excelente resistencia mecánica y gran dimensionalidad (Pérez, 2014; Battisati 2019).

2.8 Usos de biopolímeros en la industria alimentaria

Los polisacáridos como metilcelulosa, hidroximetilcelulosa, hidroxipropilcelulosa y carboximetilcelulosa son derivados de la celulosa, debido a su estructura son capaces de construir una materia que permite recubrir alguna matriz alimentaria. El uso de bioplásticos se ha adaptado en el sector alimentario, destacando el estudio para la solución de problemas de los residuos de plásticos convencionales que han ocasionado grandes daños al medio ambiente y se necesita reducir el uso de ellos sin afectar el envasado, conservación o distribución de los alimentos (Garzón 2023; Ortega, 2023).

Los bioplásticos son una gran opción para sustituirlos por los plásticos añadiendo valor a los materiales biodegradables, una de estas propuestas es el desarrollo de empaque bioplástico para alimentos con propiedades antimicrobianas elaborado a partir de residuos agroindustriales. Sandoval et al. (2023) utilizaron residuo agroindustrial, plastificantes y acidificantes con propiedades antifúngicas y antioxidantes para el diseño de un bioplástico con potencial como empaque para alimentos ya que contiene baja humedad y una larga vida de anaquel.

CAPÍTULO III

DESARROLLO Y METODOLOGÍA

3.1 Diseño y metodología de la investigación

En la Figura 3 se muestra el diagrama de trabajo empleado para el desarrollo del presente proyecto.

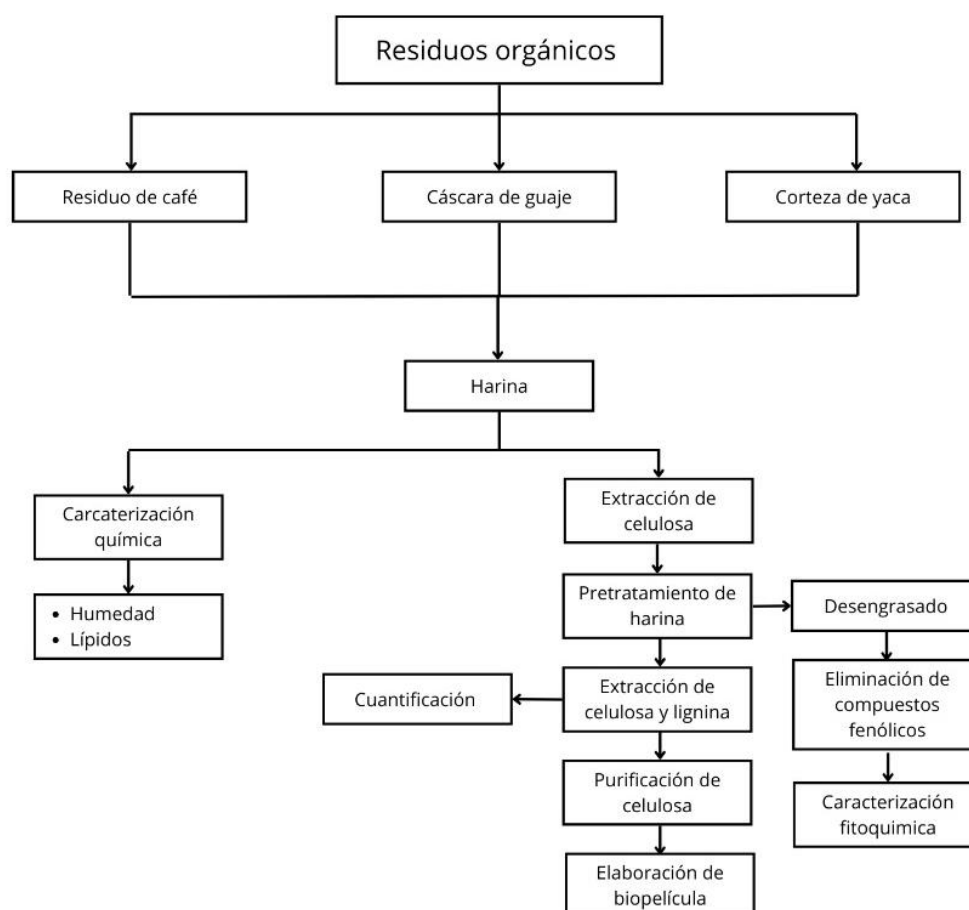


Figura 3. Diagrama de procesamiento de las muestras de café, residuo de yaca y cáscara de guaje.

3.2 Materia prima

Se analizaron las harinas de tres residuos orgánicos: borra de café, cáscara de guaje y cáscara de yaca. El residuo de café se deshidrató utilizando la metodología propuesta por Gómez et al. (2023) a una temperatura de 105 °C durante 4 h. Para la extracción de celulosa la muestra se sometió a un

pretratamiento que involucra la eliminación del contenido de humedad, lípidos y compuestos fenólicos presentes.

3.3 Caracterización química

3.3.1 Determinación de humedad

La determinación de humedad se realizó de acuerdo a la metodología de Medina et al. (2018), se colocaron charolas a peso constante seguidamente se introdujo la muestra con un peso aproximado de 4 g para cada una de las charolas y se mantuvo en la estufa a 100 °C durante 24 h (Figura 4). Se registraron los pesos y se calculó mediante la ecuación 1.

$$w(\%) = \frac{w_1 - w_2}{w_2 - w_c} \times 100 \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

w =contenido de humedad.

w_1 = Masa del recipiente + Masa de la muestra húmeda en g.

w_2 = Masa del recipiente + Masa de la muestra seca en g.

w_c = Masa del recipiente en g.



Figura 4. Determinación de humedad. a) cáscara de guaje; b) residuo de café; c) residuos de corteza de yaca.

3.3.2 Determinación de lípidos

Posteriormente las muestras de residuo de café, residuo de yaca y cáscara de guaje fueron desengrasadas por el método de Soxhlet (Figura 5), utilizando como solvente orgánico hexano de acuerdo con las modificaciones de García et al. (2019), el contenido se calculó mediante la ecuación 2.

$$\text{Lípidos (\%)} = \frac{(p_f - p_i)}{g} \times 100 \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

p_f = Peso final del matraz.

p_i = Peso inicial del matraz.

g = gramos de la muestra.



Figura 5. Extracción del contenido de lípidos.

3.3.3 Extracción de compuestos fenólicos

Como parte de la preparación de las muestras para la extracción de celulosa se extrajeron los compuestos fenólicos en una relación 1:10 (p/V). 1) la harina de borra de café se extrajo con etanol al 50% (Bondam, 2022); 2) la harina de la cáscara de guaje se extrajo con acetona al 70% y 3) la harina de la cáscara de

yaca con etanol al 63% de acuerdo con Sothornvit (2024). Las muestras de guaje y yaca se agitaron durante 30 min y posteriormente se centrifugaron a 3000 rpm durante 10 min, este procedimiento se repitió hasta que la muestra dejó de presentar una coloración concentrada en el solvente utilizado (un lavado), en total se realizaron seis lavados para el café, 4 para la cáscara de guaje y 5 para la cáscara de yaca (Figura 6).

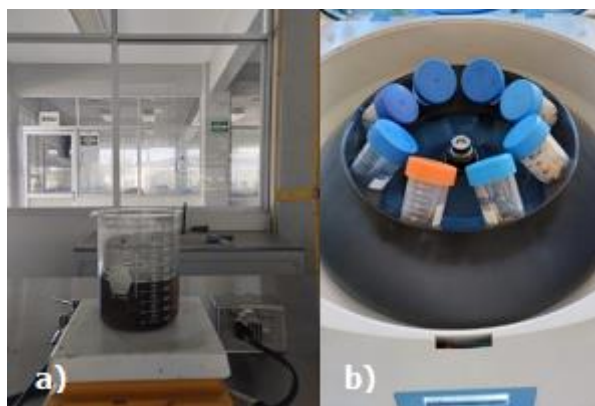


Figura 6. Proceso de extracción de compuestos fenólicos, a) maceración con solvente; b) centrifugado para la sedimentación de la muestra sólida.

3.3.3.1 Determinación de flavonoides

Para la cuantificación se utilizaron los extractos de las muestras de cáscara de guaje y residuo de yaca procedentes de los lavados realizados anteriormente como pretratamiento de la muestra para la extracción de celulosa. Debido a la alta concentración de estos extractos, se realizaron diluciones 1:10 (v/v). En el caso del residuo de café la extracción se realizó utilizando la metodología propuesta por Londoño (2023). Se pesó 1 g de muestra y se agitó en Vortex (BENIE/3030A2). Posteriormente, se llevó a un baño de ultrasonido (Sonmat/GP20) durante 30 min y se centrifugó (VELAB/PRO-12M) a 3000 rpm durante 15 min. Finalmente, se filtró el extracto para su análisis.

Para la determinación de flavonoides se utilizó el método propuesto por Chávez et al. (2021) se preparó la solución patrón de quercetina para lo cual se agregó 0.01 g y se aforó en metanol a 10 mL. Posteriormente, se preparó tricloruro de aluminio (AlCl_3) y se protegió de la luz. Se adicionó 420 μL metanol, 80 μL de

extracto fenólico diluido (1:10) v/v, y 500 μ L de al 2%. Se agitó e incubó durante 60 min a temperatura ambiente en la oscuridad y posteriormente se midió la absorbancia a 420 nm en el espectrofotómetro. La determinación se realizó por triplicado. Los resultados se expresaron como mg equivalentes de quercetina por cada 100 g, de acuerdo a la curva de quercetina (0-0.1 mg/mL). La preparación de la curva estándar de quercetina se realizó como se describe en la Tabla 1.

Tabla 1. Curva de quercetina (0.1 mg/mL)

#	Concentración (mg/mL)	Sol. Quercetina (μ L)	Agua destilada (μ L)
1	0	0	1000
2	0.02	200	800
3	0.04	400	600
4	0.06	600	400
5	0.08	800	200
6	0.1	1000	0

3.3.3.2 Determinación de capacidad antioxidante

Se realizó de acuerdo al método descrito por Udenigwe et al. (2009) con modificaciones. Se añadieron 200 μ L del extracto fenólico y 800 μ L del radical DPPH (100 μ M). Se leyó en el espectrofotómetro a 515 nm. Se realizó una curva tipo de Trolox (0.0-0.01 mg/mL) para su cuantificación. La curva estándar para cuantificar la actividad antioxidante de los extractos se realizó como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Curva de trolox (0.1 mg/mL)

#	Concentración de trolox(mg/mL)	Sol. de trolox (μ L)	Agua destilada (μ L)
1	0	0	1000
2	0.02	200	800

3	0.04	400	600
4	0.06	600	400
5	0.08	800	200
6	0.1	1000	0

3.3.4 Determinación de lignina

Para la determinación de lignina se utilizó el método claxon de acuerdo con Uscanga (2014) con modificaciones. Se realizó una hidrólisis ácida utilizando ácido sulfúrico al 72% y al 4%. Se tomó 1 g de muestra y se colocó un vaso de precipitado de 50 mL, se agregó 15 mL de ácido sulfúrico al 72% y se mantuvo 2 h en agitación. Pasado el tiempo se vació en un vaso de precipitado de 1 L, se le agregó ácido sulfúrico al 4% y agua destilada gradualmente. Posteriormente, se llevó ebullición durante 4 h y se realizó el lavado con ayuda de un embudo Büchner. Finalmente, se llevó a la estufa a 100 °C durante 24 h. El cálculo se realizó aplicando la Ecuación 3:

$$\text{Lignina (\%)} = \frac{A}{W} \times 100 \quad \textbf{Ecuación 3}$$

Donde: A=Peso de lignina; W= Peso seco después del horno.

3.3.5 Determinación de celulosa

La determinación de celulosa en la harina de los residuos orgánicos se realizó de acuerdo con el método descrito por Toscano (2021) con modificaciones (Figura 7). Se pesó 1 g de muestra desengrasada y sin compuestos fenólicos en un vaso de precipitado y se le adicionó hidróxido de sodio al 17.5%, se llevó a agitación constante durante 2 min y después se dejó reposar 20 min. Por último, la muestra se filtró usando una bomba de vacío y papel filtro a peso constante, previamente pesado y se realizó el lavado con agua destilada y adicionando aproximadamente 25 mL de más solución.

La muestra se llevó a la estufa a una temperatura de 60 °C durante 4 h luego se enfrió en el de secador durante 30 min y se determinó el contenido de celulosa con la ecuación 4.

$$\text{Celulosa (\%)} = \frac{(P_m - P_l)P_{le}}{P_{mt}} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

P_m = Peso de la muestra en (g);

P_l = Peso de lignina obtenido (g);

P_{mt} = Peso de la muestra antes de toda extracción (g).

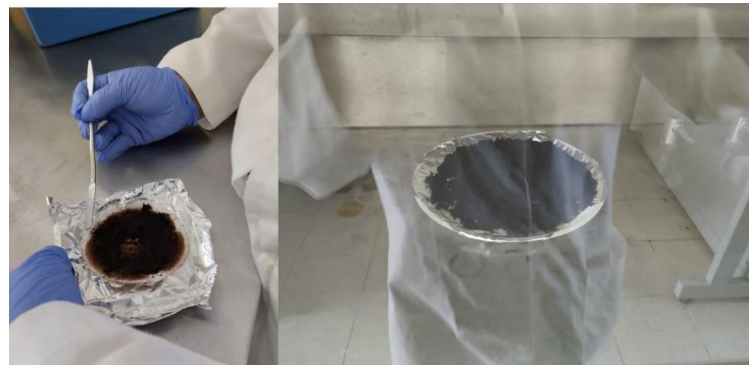


Figura 7. Determinación de celulosa.

3.4 Extracción de celulosa

Este proceso se llevó a cabo en dos etapas, la primera consistió en una hidrólisis básica y la segunda que consistió en una hidrólisis ácida.

3.4.1 Hidrolisis básica

Se utilizó la metodología propuesta por Guerrero (2021) con modificaciones. Se realizó ensayos con concentraciones de 10%, 12% y 15% (p/v), se colocó en una parrilla de agitación con la muestra en una relación 1:10 (p/v) a 70 °C durante 30 min para la eliminación de ceras, pectinas y otros componentes.

Posteriormente, se dejó enfriar y se realizó el lavado por filtración utilizando un embudo Büchner y agua destilada hasta la obtención de pH neutro (Figura 8).

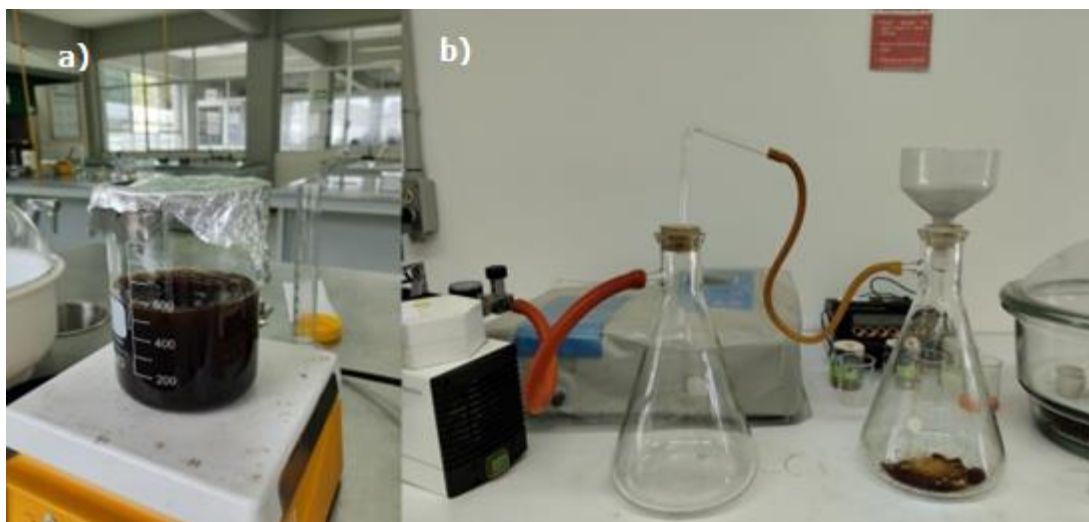


Figura 8. Extracción de celulosa. a) hidrólisis básica; b) filtración con bomba de vacío.

3.4.2 Hidrolisis ácida

Se realizaron tres ensayos al 10%, 13%, 15% de H_2SO_4 (v/v). Las muestras se colocaron en vasos de precipitados con el ácido en una relación 1:10 (p/v), se aplicó una temperatura de 70 °C con agitación constante durante 40 min, seguido de ello se dejó enfriar 20 min y se lavó por filtración utilizando un embudo Büchner con agua destilada hasta llegar a pH neutro.

3.4.5 Blanqueo

Se utilizó Hipoclorito de Sodio (NaClO) comercial en una concentración de 5%, se colocó en un vaso de precipitado con la muestra en una relación 1:10 (p/v), fue sometido a una temperatura de 50 °C durante 20 min y finalmente se lavó por filtración con agua destilada hasta obtener pH cercano a neutro (Figura 9).



Figura 9. Proceso de blanqueo de celulosa.

3.5 Elaboración de biopelícula

Para el diseño de la película sin acetilación se utilizó la celulosa obtenida de las hidrólisis anteriores y se realizó de acuerdo con las metodologías descritas por Alata (2019), Sernaque et al. (2020), Eberet (2023) y Jara et al. (2023) con modificaciones. Se llevó a agitación constante durante 1 h para lograr una homogenización completa de las fibras de celulosa de café (Figura 10), después se agregó glicerol como agente plastificante y se agitó durante 30 min se colocó en moldes de aluminio (4 x 4 x 0.4 cm) y se deshidrató (IPROODS/ESCALBUR 2400) durante 6 h a 30 °C. Se realizaron cuatro ensayos con diferentes concentraciones de celulosa como se muestra en la Tabla 3. Se muestran los cuatro ensayos realizados, en la primera columna se muestran los cuatro ensayos realizados A, B y C, la concentración de celulosa se representa en (g), la concentración de glicerol fue la misma.

Tabla 3. Formulación de la biopelícula de celulosa.

Ensayo	Celulosa (g)	Glicerol (mL)
A	3	0.1
B	4	0.1
C	5	0.1
D	6	0.1



Figura 10. Homogenización de celulosa.

3.5.1 Acetilación de celulosa

La acetilación de celulosa se realizó de acuerdo con la metodología propuesta por Guerrero (2021). Se utilizó ácido acético glacial, anhídrido acético al 13% y ácido sulfúrico al 1%. En un vaso de precipitado se agregaron 5 g de muestra, 10 mL de anhídrido acético y se agitó durante 1 h. Se dejó reposar y se agregaron 4 mL de ácido acético glacial y 0.05 mL de ácido sulfúrico y se agitó durante 45 min, una vez pasado este tiempo se agregó ácido sulfúrico y se agitó a temperatura ambiente durante 1 h. La filtración se realizó con un embudo Büchner y una bomba de vacío realizando lavados con agua destilada.

En la elaboración de la biopelícula acetilada se realizaron dos ensayos, el primero de estos sin la adhesión de un agente plastificante, este último con la edición de glicerol para que actuara como dicho agente. Una vez culminado el proceso de

acetilación la primera muestra fue colocada en una lámina de goma y llevada al deshidratador mientras que la segunda se realizó llevando agitación constante con 0.1 mL de glicerol durante 1 h. Ambas muestras fueron llevadas al deshidratador durante 12 h a una temperatura de 30 °C.

3.6 Análisis estadístico

Los resultados obtenidos fueron reportados como la media $\pm$ desviación estándar. Las diferencias significativas ($p \leq 0.05$) se realizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA por sus siglas en inglés) de una vía y la prueba de Tukey usando el programa MINITAB versión 16.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4. Resultados

4.1 Caracterización química de los residuos orgánicos

4.1.1 Determinación de humedad y lípidos

El contenido de humedad y lípidos en los residuos de café, cáscara de yaca y cáscara de guaje es un factor crucial para su manejo y procesamiento adecuado para la extracción de celulosa (Rivas et al., 2023). En la Tabla 4 se observa el contenido de humedad y lípidos de los residuos de café (RDC), cáscara de yaca (RCY) y cáscara de guaje (RCG). RDC presentó un 3.75% de humedad, esto es coherente con investigaciones previas que han encontrado niveles similares de humedad en residuos de café (Smith et al., 2018; Johnson, 2020). Por otro lado, la humedad que presentó RCG fue de 37.25% dichos resultados varían con los obtenidos por Santiago (2022) quien reportó una humedad de 83.20%, esta variación puede deberse a las condiciones en las que se trató la muestra, en el presente trabajo se utilizaron harinas que anteriormente fueron obtenidas de cáscara de guaje y yaca deshidratadas. En el caso de RCY se obtuvo 10.11%, estos resultados no coinciden con los reportados por Villalva (2023) quien sostiene que el contenido de humedad de este residuo es de 88.97%, por lo que en ambos estudios se encuentran gran variación de contenido de humedad debido a los pretratamientos realizados en dichas muestras.

Tabla 4. Caracterización química de residuos orgánicos.

Residuo	Humedad (%)	Lípidos (%)
RDC	3.7533 ± 0.2288 ^c	11.4200 ± 0.3403 ^a
RCY	10.1112 ± 0.9892 ^b	3.0194 ± 0.7781 ^b
RCG	37.2502 ± 3.0194 ^a	7.4991 ± 0.8480 ^c

Los resultados representan el promedio ± desviación estándar (n=3). Letras diferentes por columnas indican diferencias estadísticamente significativas (p<0.05). RDC: Residuo de café; RCY: Residuo de cáscara de yaca; RCG: Residuo de cáscara de guaje.

El contenido lipídico del 11.42% en RDC es significativo en comparación con otros estudios. Smith et al. (2019) encontraron que los residuos de café tenían un contenido lipídico de 9.8%, lo que sugiere que los residuos de café analizados en este estudio tienen un contenido lipídico ligeramente superior. Además, García et al. (2020) identificaron un contenido lipídico del 14.2% en los residuos de café, lo que indica una variabilidad significativa en el contenido lipídico entre diferentes muestras de residuos de café, esto puede deberse a las concentraciones de ácido clorogénico que interfiere directamente con los lípidos.

Por otro lado, el contenido lipídico de 1.45% reportado por Villalva (2023) en RCY es similar al contenido lipídico obtenido en el presente estudio ya que se obtuvo 3.01%, mientras que para el caso de RCG se obtuvo 7.49%, contenido lipídico que varía de acuerdo con lo reportado con Juárez (2021), dicho contenido fue de 1.26%, esta diferencia puede atribuirse a la estructura de la membrana plasmática (los fosfolípidos contenidos) que se ha formado durante el crecimiento de la planta y se relaciona con las condiciones de temperatura, humedad y transporte de agua (Serpa, 2021).

En este sentido, al analizar el contenido de grasas en RDC, RCY y RCG con las pruebas estadísticas Tukey con ($p < 0.05$) se demostró que sí existen diferencias significativas entre estas muestras, tanto como entre RDC-RCY, como RDC-RCG y RCY-RCG, pues todos esos residuos difieren altamente en las medias del contenido lipídico, debido a que Vargas et al. (2018) afirman que la fracción lipídica presente en cáscaras y residuos comprende a, glicolípidos, fosfolípidos, ceras y triterpenoides y estos pueden ser variantes de acuerdo al estado de madurez de las materias primas.

4.1.2 Cuantificación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante

Es importante la extracción de estos compuestos pues para liberar las cadenas poliméricas de celulosa, ya que deben ser removidos los grupos hidroxilo contenidos en los compuestos fenólicos, así como también la cuantificación de los mismos para su posterior aplicación en otros procesos (Osalde, 2023). En la Tabla 5 se muestran el contenido de flavonoides y capacidad antioxidante de los

residuos en estudio. Se observó que RDC presentó una elevada concentración de flavonoides (11.78 mg EQ/100 g), resultados que varían de acuerdo con los reportados por Alfaro (2019) quien reportó valores comprendidos entre 0.15-0.13 mmol EQ/g, esto puede deberse a al alto contenido lipídico. Por su parte, RCY presentó una concentración de 1.19 mg EQ/100g, resultados semejantes a los de Villalba (2023) quien reportó en concentración de flavonoides 0.4097 mg EQ/100 g. RCG presentó 0.85 mg EQ/100 g en concentración de flavonoides, algunos autores señalan que los flavonoides están estrechamente relacionados con el contenido lipídico, como se logra observar en el punto 4.1.1, el contenido lipídico resultó alto.

Se observó que existe diferencia significativa en cuanto a la concentración de flavonoides presentes en RDC, pues se encuentran grandes variaciones en las medias comparadas entre RCG-RCY las cuales entre sí no presentan diferencia significativa. Dada dicha diferencia significativa demuestra que el residuo de café contiene mayor concentración de flavonoides sobre los otros dos residuos lo que genera un mayor tiempo de extracción de estos compuestos antes de la hidrólisis para extracción de celulosa.

Tabla 5. Composición fitoquímica de residuos orgánicos.

Muestra	Flavonoides (mg EQ/100 g)	DPPH (mg ET/100 g)
RDC	11.78 ± 0.11 ^a	18.10 ± 0.06 ^a
RCY	1.19 ± 0.15 ^b	69.96 ± 1.29 ^b
RCG	0.85 ± 0.11 ^b	27.24 ± 0.19 ^b

Los resultados representan el promedio ± desviación estándar (n=3). Letras diferentes por columnas indican diferencias estadísticamente significativas (p<0.05). RDC: residuo de café, RCY: Residuo de cáscara de yaca; RCG: Residuo de cáscara de guaje; mg EQ: mg Equivalentes de Quercetina; DPPH: 2,2-Difenil-1-picrilhidracilo; mg ET: mg Equivalentes de Trolox.

Por otro lado, en la cuantificación de capacidad de antioxidante se obtuvo 18.10 mg ET/100 g en RDC resultados que se difieren con los de Alfaro (2019) pues reportó 34.491 mg ET/g, menciona que la degradación de capacidad antioxidante en el café puede deberse a exposición a temperaturas altas, luz, oxígeno y pH, esto provocado por el almacenamiento de los residuos antes de ser tratados. En

RCY se obtuvieron un aproximado de 69.96 mg ET/100 g, resultados semejantes a los de Villalba (2023) quien sustenta rangos entre 51.5-43.6 mg TEAC/g. Por último, en RCG Román (2014) reportó 22.5 mg EQ/100 g, por ende, tenemos una diferencia bastante notoria, sin embargo, esto se debe a que en el estudio de este autor se realizó la cuantificación de flavonoides a toda la vaina completa incluyendo a las semillas mientras que en el presente estudio solo se cuantificaron los flavonoides presentes en la cáscara.

En este sentido, al aplicar la prueba Tukey con un nivel de confianza de 95% y $\alpha=0.05$, se obtiene diferencia significativa entre RDC-RCG, RCG-RCY, RDC-RCY, como resultado el residuo que presenta mayor diferencia de medias de capacidad antioxidante es RCY sobre RDC y RCG.

4.1.4 Determinación de lignina y celulosa

En la Tabla 6 se observa que el contenido de lignina y celulosa en RDC fue de 24.90% y 38.16%, respectivamente, contenido mayores a los reportados por Nagaoka et al. (2012) quien sostiene 19% y 35% de lignina y celulosa, respectivamente, este comportamiento puede deberse a mayor contenido de celulosa se requiere mayor soporte estructural; en este caso aumenta la presencia de lignina, además de que el contenido de otros componentes como lípidos, flavonoides y capacidad antioxidante también es variante, por lo tanto, la estructura de la pared celular será diferente a la de otros estudios. Por otro lado, RCY se obtuvo un 11.45% en contenido de lignina y en contenido de celulosa 27.71% resultados semejantes a Delgado (2019) quien reportó 25.36% de celulosa y 9.29% del contenido de lignina en residuo de corteza de yaca. Cabe resaltar que es de suma importancia la cuantificación de estos dos componentes pertenecientes a la fibra total de estos dos sistemas de interés dado que para cálculos de rendimiento se debe conocer el porcentaje total de celulosa para su aplicación y determinación de la factibilidad tanto del método como de los residuos a estudiar. Sin embargo, para el caso de RCG se determinó que el manejo de dicho residuo es poco factible durante la aplicación de la metodología, por ello se descartó su aplicación y estudio en las pruebas posteriores.

Tabla 6. Contenido de celulosa y lignina.

Muestra	Lignina (%)	Celulosa (%)
RDC	24.9002	38.1615
RCY	11.4537	27.7199

n=1. RDC: Residuo de café, RCY: Residuo de cáscara de yaca.

4. 2 Extracción de celulosa

Al usar las concentraciones de hidróxido de sodio al 10%, 13% y 15%, se logró realizar la hidrólisis básica, sin embargo, durante el proceso de hidrólisis ácida las concentraciones de 13% y 15% resultaron muy fuertes para la materia prima por lo que la concentración elegida fue la de 10% tanto en hidrólisis ácida como en hidrólisis básica dado que se obtuvo una mejor pureza después del blanqueo, pues la celulosa durante la hidrólisis ácida se perdía durante el proceso en las otras concentraciones. Se produjeron aproximadamente 4.70 g de celulosa por cada 10 g de café. Esta celulosa obtenida al llevarse a blanqueamiento se logró remover impurezas en menor tiempo al indicado por la literatura con una diferencia de 30 min como se muestra en la Figura 11 y Figura 12.



Figura 11. Hidrólisis básica en residuo de café. a) 15%; b) 13%; c) 10%.

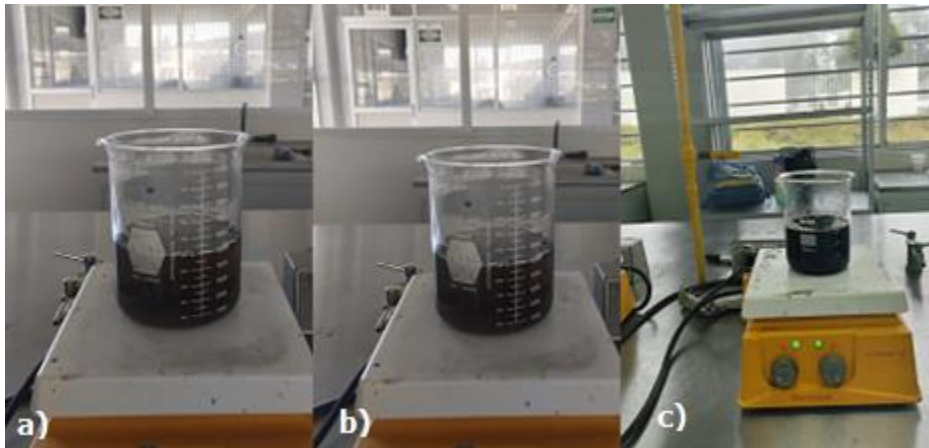


Figura 12. Hidrólisis básica en cáscara de yaca. a)15%; b)13%; c)10%

Sin embargo, al realizar el blanqueo de la muestra de corteza de yaca no resultó el blanqueo para ninguna de las tres concentraciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio como se muestra en la Figura 13, por lo que se determinó que este método no es adecuado para hidrolizar celulosa en este tipo de muestra.

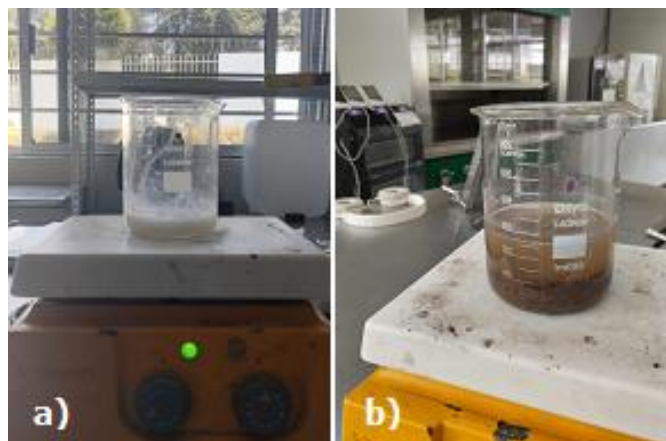


Figura 13. Proceso de Blanqueamiento de muestras. a) Muestra de café; b) Muestra cáscara de yaca.

4.3 Elaboración de biopelícula

A continuación, se muestra el modelo de bioplástico obtenido por cada uno de los ensayos (Figura 14), ca), b), c), d) se realizaron con glicerol y celulosa en diferentes cantidades de celulosa, mientras que e) y f) fueron acetilados con

ácido acético, en e) se aplicó glicerol. La Tabla 6 muestra las observaciones cualitativas realizadas.

De manera general, las biopelículas formuladas con celulosa y glicerol presentaron agrietamientos y homogeneidad parcial (a, b, c y d), de hecho, a mayor cantidad de celulosa (3, 4, 5, 6 g), mayor homogenización de esta en el medio plastificante. Por otro lado, al agregar ácido acético en dos de estas formulaciones, las características cambiaron significativamente, pues en f) se observa una homogenización total, pero así mismo también mostró gran cantidad de agrietamientos, sin embargo, al acetilar la formulación e) se logró homogeneidad total y una consistencia similar a la de un bioplástico, pero con poca resistencia.

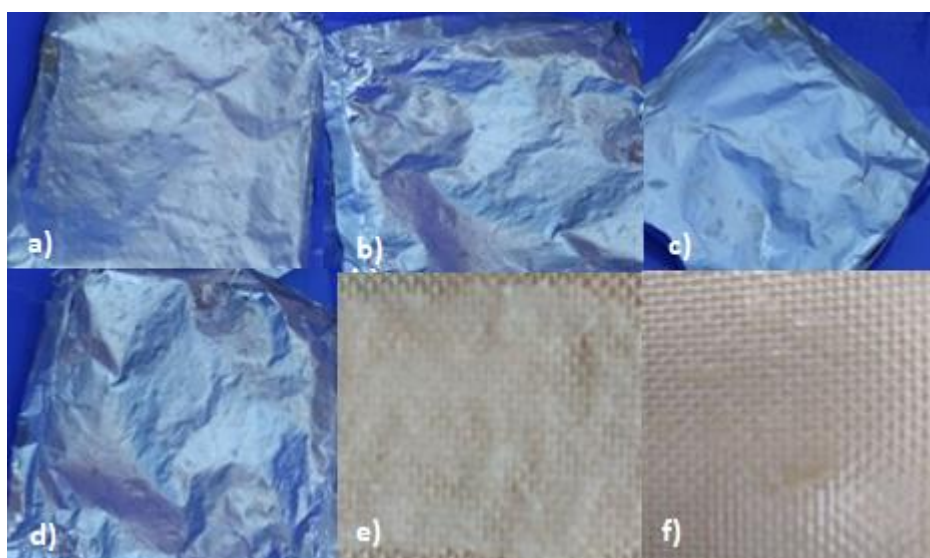


Figura 14 .a), b), c), d) representan formulaciones de glicerol y celulosa; e) formulación de celulosa y ácido acético; f) formulación de celulosa, glicerol y ácido acético.

Tabla 7. Formulaciones desarrolladas para la obtención de biopelículas.

F	Celulosa (g)	Glicerol (mL)	Acetilación	Observaciones
A	3	0.1	No	Se observa con grietas y homogeneidad parcial.
B	4	0.1	No	Se observa un poco más homogeneidad que el biopolímero anterior.
C	5	0.1	No	Presenta agrietamientos y homogeneidad parcial.
D	6	0.1	No	Presenta mayor homogeneidad y algunas grietas.
ASG	5	-	Si	No muestra apariencia parecida a la de una bioplástico, presenta agrietamientos.
ACG	5	0.1	Si	Muestra consistencia parecida a la de un bioplástico, con poca resistencia.

A, B, C, D representan formulaciones de glicerol y celulosa, ASG: Formulación de celulosa y ácido acético; ACG: Formulación de celulosa, glicerol y ácido acético.

Gallegos et al. (2024) elaboraron un bioplástico a base de celulosa extraída de tallos y hojas de guerrilla mediante hidrólisis alcalina y formulada con agua, glicerina y ácido acético, reportaron 8.5% en la cuantificación de celulosa y obtuvieron películas de 0.012 mm y otras características como resistencia a la atracción de 7.1 mPa, cabe destacar que este autor realizó diversas formulaciones modificando la cantidad de glicerina que aumentaba la resistencia a la atracción, por lo que las biopelículas desarrollaron una consistencia sólida y firme. En el presente estudio, no se realizó caracterización cuantitativa, por lo que de manera cualitativa se observó que este biopolímero al ser despegado del molde contenía muy poca resistencia lo cual hace que no se caracterice como un

bioplástico por lo que deben realizarse ensayos y pruebas posteriores para acercarse a las características de una biopelícula y ser aplicado a un sistema alimentario.

Al realizarse la caracterización química de los residuos orgánicos abordados, se determinaron variaciones en el principalmente en contenido lipídico y humedad con respecto a otros estudios consultados, así como también se encontraron concentraciones de flavonoides y capacidad antioxidante en todos los tres casos, sin embargo, aquel que destacó por presentar menor capacidad antioxidante fue el residuo de café pues se obtuvo una cantidad de 18.10 mg ET/100, variación que se encuentra por debajo de los reportados por Alfaro et al., (2019) y misma que puede deberse a la degradación de compuestos fitoquímicos durante el almacenamiento y manejo de este residuo dentro de la cafetería. Por otro lado, al realizar la cuantificación de lignina y celulosa se obtuvieron resultados muy parecidos con respecto a los de la literatura consultada, tanto en cáscara de yaca y residuo de café, sin embargo, cabe destacar que se descartó la extracción de estos componentes en residuo de cáscara de guaje debido a la poca manejabilidad que presentaba. AL realizar el blanqueo este solo pudo efectuarse en RDC dado que en RCY no se logró la remoción de impurezas, es por ello, que se decidió formular la película a base de residuo de café. Se determinó que las formulaciones solo podrían ser aplicadas si se agregaba el glicerol en presencia de ácido acético como lo muestra la formulación ACG.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

5. Conclusiones

- Se realizó la caracterización química de las harinas de cáscara de guaje, residuo de café y cáscara de yaca por lo cual se determinó que estas muestras son estadísticamente diferentes en cuanto a su contenido químico.
- Se logró el proceso de extracción de celulosa a partir de dos residuos que fueron residuo de café y cáscara de yaca, debido a la poca manejabilidad de cáscara de guaje solo se continuó trabajando con estas dos materias primas, además de que se determinó que el método de hidrólisis no es apto para el residuo de cáscara de yaca.
- Se logró la cuantificación de flavonoides y de DPPH; de acuerdo a la literatura consultada la variación es evidente los resultados difieren con los reportados con otros autores debido a que parte de estos residuos pudieron degradarse durante el procesamiento, o bien, las condiciones ambientales no eran adecuadas por lo que se degradaron por cuestiones ambientales.
- Dado que las características otorgadas por la acción de glicerina y celulosa para el desarrollo de bioplástico no eran las adecuadas se determinó que al agregar ácido acético y el agente plastificante puede mejorar significativamente las características de un bioplástico.

CAPÍTULO VI

COMPETENCIAS DESARROLLADAS

6. Competencias desarrolladas

- Desarrolla nuevos productos para incrementar su valor agregado en la industria alimentaria.
- Desarrolla tecnologías para el aprovechamiento de subproductos alimentarios.
- Pensamiento crítico.
- Resolución de problemas.
- Habilidades de comunicación escrita y verbal.
- Gestión del tiempo y organización.
- Ética de la investigación.
- Habilidades tecnológicas.

CAPÍTULO VII

FUENTES DE INFORMACIÓN

7.1 Fuentes de información

- Acevedo, M. y Peñaloza, I. (2021). *Evaluación de la extracción de azúcares presentes en la pulpa de café residual para la obtención de bioproductos*. [Trabajo de grado, Fundación Universidad de América] Repositorio Institucional Lumieres.
- Alata, E., Cuadros, Y., Miranda, L., & Medina, E. (2019). Biodegradable Films Produced with Orange Peel and Reinforced by Bacterial Cellulose. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 85 (2), 231-241.
- Alfaro, A. P. (2019). *Capacidad antioxidante del Coffea arabica "café" de cinco departamentos del Perú, Ayacucho 2017*. [Tesis para obtener el título profesional de: químico farmacéutica, Universiada Perú].
- Angamarca, M., y Karolyne, N. (2023). *Elaboración de fibras textiles a partir de la extracción de celulosa de residuos agrícolas generados en el mercado Simón Bolívar de Riobamba* [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio UTNS.
- Apolo, J., Espinoza, L. (2022). *Obtención de nanofibras de celulosa a partir del raquis de banano aplicado a la remoción de azul de metileno* [Trabajo de titulación, Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud, Machala, Ecuador]. Repositorio UTMACH.
- Ayala, P. (2024). *Uso de residuos orgánicos de cebada, arveja y eucalipto como sustrato para la producción de hongo ostra rosado (Pleurotus djamor)*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Oficial UTN.
- Baghaei, B., & Skrifvars, M. (2020). All-Cellulose Composites: A review of recent studies on structure, properties and applications. *Molecules*, 25 (12), 2836.
- Barrera, J., Corona, E., Meza, T., & Trápala, A. (2017). Evaluación y caracterización de la pectina obtenida de cáscara de jaca (*Artocarpus heterophyllus L. moraceae*). *Journal CIM*, 5(2), 2007-8102.
- Bartra Gómez, J., & Delgado Bardales, J. M. (2020). Gestión de Residuos Sólidos Urbanos y su Impacto Medioambiental. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 4(2), 993-1008.
- Battisti, R., Hafemann, E., Claumann, C. A., Machado, R. A. F., & Marangoni, C. (2019). Synthesis and characterization of cellulose acetate from royal palm tree agroindustrial waste. *Polymer Engineering & Science*, 59 (5), 891-898.

- Bejarano, D. (2023). *Evaluación de métodos de extracción para la obtención de azúcares a partir de la cascarilla de arroz paddy* [Trabajo de grado para optar por el título de: Ingeniera de Alimentos, Universidad de la Salle]. Repositorio de Universidad de la Salle.
- Bondam, A., Da Silveira, D., Santos, J., y Hoffmann, J. (2022). Phenolic compounds from coffee by-products: Extraction and application in the food and pharmaceutical industries. *Trends In Food Science & Technology*, 123, 172-186.
- Buteler, M. (2019). ¿Qué es la contaminación por plástico y por qué nos afecta a todos? *Desde la Patagonia. Difundiendo Saberes*, 16 (28), 56-60.
- Cabrera, E. (2022). Alternativas bioenergéticas de los residuos sólidos urbanos: panorama en México. *Letras Verdes, Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 1(31), 59-76.
- Cante, M. (2024). *Análisis de LST-1 en la formación de vesículas COPII dependientes de ERV-14 en Neurospora crassa* [Tesis para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de Maestro en Ciencias, EESBJ]. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California.
- Capuano E. (2017) The behavior of dietary fiber in the gastrointestinal tract determines its physiological effect. *Critical Reviews Food Science and Nutrition.*; 57 (16), 3543-64.
- Carrillo, A., Tinoco, J., Reyna, A., Pérez, F., Piña, F., y Rodríguez, J. (2024). Obtención de películas de bioplástico a partir de higuera. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 15 (3), 2007-0934.
- Chávez, M., y Domine, M. E. (2013). Lignina, estructura y aplicaciones: métodos de despolimerización para la obtención de derivados aromáticos de interés industrial. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 4 (4), 15-46.
- Chávez. O., Rodríguez, G., Montenegro, G., Bridi, R., Valdés, H., Alvarado, S., Castillo, O., & Santiago, R. (2022). Phenolic content, antioxidant and antifungal activity of jackfruit extracts (*Artocarpus heterophyllus Lam.*). *Food Science And Technology*, 42.
- Cornejo, R., Marineros, E., Funes, C., Toruño, P., (2020). Biopolymers for agro-industrial uses: Manufacture of a biodegradable thermoplastic starch film as a sustainable

- alternative. *Revista Iberoamericana De Bioeconomía y Cambio Climático*, 6 (11), 1359-1382.
- Cubillos, G., Milian, P., Hernández, J., Y Peralta, A. (2019). Biological fixation of nitrogen by native isolates of *Rhizobium* sp. symbionts of *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit. *Acta Agronómica*, 68 (2), 75-83.
- Cuevas, F., Castillo, D., Becerri, J., Y Manus G. (2024). Disposición a pagar por un sistema integral de residuos sólidos urbanos en poblaciones semi-urbanas. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 39 (1), 27-42.
- Cuevas, F., Loeza, D., García, J., y Gómez, M. (2023). Willingness to pay for urban solid waste integral system in Semi-urban populations. *La Granja/la Granja*, 39 (1) 1390-3799.
- Dávila, A., Castillo, L., Linares, I., Y Martínez, V. (2021). Gestión de los residuos sólidos urbanos y su efecto en el aire, agua y suelo. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 5 (15), 45-69.
- Delgado, R . (2019). *Sacarificación del residuo proveniente del procesamiento de la jaca (Artocarpus heterophyllus) para propósitos fermentativos*. [Tesis para obtención Maestría en Ciencias Biológico Agropecuarias, Universidad Autónoma de Nayarit]. Repositorio oficial UAN.
- Devi, M., Manikandan, S., Oviyapriya, M., Selvaraj, M., Assiri, M., Vickram, S., Subbaiya, R., Karmegam, N., Ravindran, B., Chang, S., & Awasthi, M. (2022). Recent advances in biogas production using Agro-Industrial Waste: A comprehensive review outlook of Techno-Economic analysis. *Bioresource Technology*, 363 (1278), 0960-8524.
- Elvi, A. P. (2019). Capacidad antioxidante del "café" de cinco departamentos del Perú, Ayacucho 2017. [Tesis para obtener el título profesional de: químico farmacéutica, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio oficial UNSCH
- Freitas, L., Barbosa, J., Da Costa, A., Bezerra, F., Pinto, R., y De Carvalho, R. (2021). From waste to sustainable industry: How can agro-industrial wastes help in the development of new products? *Resources, Conservation and Recycling*, 169, 105466.

- Freitas, V., Borges, L., Vidigal, M., Santos, M., y Stringheta, P. (2024). Coffee: A comprehensive overview of origin, market, and the quality process. *Trends In Food Science & Technology*, 104 (11).
- Frontela, M. (2023). *El mucílago de Arabidopsis como modelo para el estudio de componentes de la pared celular*. [Trabajo de fin de Grado, Universidad de León] Repositorio Oficial Universidad de León.
- Gallegos, A., Julián, A, Francisco, A., Núñez, F., y José Manuel, Z. (2024). Obtención De películas De bioplástico a Partir De Higuera. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas* 15 (3), 3335.
- Gañán, P., Zuluaga, R., Castro, C., Restrepo, A., Velásquez, J., Osorio, M., Montoya, Ú., Vélez, L., Álvarez, C., Correa, C., & Molina, C. (2017). Celulosa: un polímero de siempre con mucho futuro. *Revista Colombiana de Materiales*, 1 (11), 1–4.
- García, A., González R., Delgado, L., y Cruz-, N. (2021). Fibra dietética: historia, definición y efectos en la salud. *Educación Y Salud Boletín Científico Instituto De Ciencias De La Salud Universidad Autónoma Del Estado De Hidalgo*, 9 (18), 187-195.
- García, A., López, F., & Martínez, D. (2020). Caracterización de los residuos de café como materia prima para la producción de biodiesel. *Revista de Investigación en Energía*, 25(2), 45-56.
- García, J., Ramos, M., Alemán, L., & López, E. (2023). El experimento formativo en la obtención de celulosa microcristalina a partir del *Pennisetum purpureum*. *Revista Universidad y Sociedad*, 15 (2), 389-399.
- García, L., Herrera, J., Villa, L., Olaya, A. (2020) Extracción de almidón de cáscara de cacao *Theobroma cacao L.* como alternativa de bioprospección. *Revista ION*, 33 (2), 25-34.
- García, Y., Cabrera, D., Ballesteros, J., & Campo, M. (2019). Efecto de diferentes tratamientos térmicos sobre las propiedades tecnológicas de la harina de frijol blanco (*Phaseolus lunatus L.*) y la determinación de su potencial uso agroalimentario. *Inge CuC*, 15 (2), 132–142.
- Garzón, Y., Camargo, L. (2023). *Evaluación del desarrollo, uso y adaptación de bioplásticos en la industria de alimentos en Bogotá, Colombia*. [Trabajo de grado

presentado como requisito para optar al título de: ingenieras industriales, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio UCC.

- Gomez, M., Núñez, L., Valenzuela, J., Duarte, M., & Gáfaró, D. (2023). Evaluación fisicoquímica del aceite obtenido de la borra de café (*Coffea arabica*) empleando diferentes métodos de extracción para su potencial uso en la producción de biodiesel. *CITECSA*, 15 (25), 21–27.
- González M., Rosas M., Castillo, D., y Ríos, A. (2023). Aprovechamiento del bagazo de café, una alternativa para enriquecer alimentos a partir de residuos. *RD-ICUAP*, 9 (26), 136-146.
- González, L., Jaimes, J. y Pacateque, L. (2024). *Comparativa entre métodos para la extracción de pectina y su impacto en el medio ambiente* [Trabajo de grado, Universidad EAN]. Repositorio oficial EAN.
- Grilli, D., Paes, Sebastián, C., Allegretti, L., Sosa, M., & Arenas, G. (2015). Degradación y utilización de la hemicelulosa contenida en especies forrajeras por *Pseudobutyrvibrio ruminis* y *Pseudobutyrvibrio xylanivorans*. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 47 (2), 231-243.
- Guamán, M., Paredes, J., Robayo, D. (2021) *Artocarpus Heterophyllus (Jackfruit):* propiedades antiinflamatorias y antioxidantes. Revisión de la literatura. *Mediciencias UTA.2021; 5 (4)*, 22-26.
- Guamangate, F., Saldaña, B. (2023). Estudio del efecto de la osmolalidad en una bebida hipertónica a partir de naranja (*Citrus Sinensis*) y zanahoria (*Daucus Carota Sativus*). [Proyecto de Investigación previo a la obtención del Título de Ingenieros Agroindustriales, Universidad Técnica de Cotopaxi Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales]. Repositorio UTC.
- Guerrero, J. (2021). *Abstracción de celulosa a partir de pasto común para la elaboración de acetato de celulosa*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero ambiental, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca]. Repositorio UPSC.
- Guevara, M. (2022). Determinación del poder calorífico de residuos agroindustriales de tusa de maíz y cáscara de papa enriquecidas con nanoesferas de celulosa como opción viable en procesos de combustión. [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Riobamba

- Jara, N., (2023). Factibilidad del uso de la penca de la pitahaya (*Selenicereus sp.*) Para la obtención de bioplástico en el Cantón Palora, Provincia de Morona Santiago. [Trabajo de investigación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Riobamba
- Johnson, A. (2020). Moisture Content Analysis of Coffee Residues. *Journal of Agricultural Science*, 15 (2), 45-56.
- Leong, Ch (2016) *Extraction and characterization of crude pectin from jackfruit (Artocarpus Heterophyllus Lam.) And cempedak (Artocarpus Integer Spreng.)* Fruit rind. [Tesis en cumplimiento de los requisitos para el grado de Maestría en Ciencias, Universiti Putra Malaysia]. Universiti Putra Malaysia.
- Livicura, F. (2020). *Extracción de fibra dietética a partir de bagazo de caña de azúcar (Saccharum officinarum L) para la elaboración de hojuelas* [Proyecto de investigación previo a la obtención del título de: ingeniera agroindustrial, Universidad Estatal Amazónica]. Repositorio oficial UEA.
- Londoño, P., Serafini, A., y Novoa, D. (2024). Trends in Oral Flavonoid Drug Delivery Systems Based on Current Pharmaceutical Strategies. A Systematic Patent Review (2011–2023). *Journal Of Herbal Medicine*, 43 (2024), 2210-8033.
- Lu Zhang, T., Xing Xie, H., Hao Wang, Z., Wang (2017) Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) peel: A better source of antioxidants and a-glucosidase inhibitors than pulp, flake and seed, and phytochemical. *Food Chemistry*, 234 (2017), 303-313.
- Manzanares, B. (2023). *El guaje (Leucaena leucocephala) árbol multipropósito en sistemas agroforestales, pecuario y silvopastoril de las zonas tropicales* [Obtención el título profesional de ingeniero agrónomo zootecnista, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Repositorio oficial UAAAN.
- Manzano, D., Zabala, R., y Flores, A.(2023). Implications of Particle Size in the Extraction of Cellulose from the *Cala-magrostis Intermedia* Species. *Bionatura*, 8 (3).Martínez, S. R., Hernández, F., Aguilar, C., & Rodríguez, R. (2019). *Extractos de pulpa de café: Una revisión sobre antioxidantes polifenólicos y su actividad antimicrobiana*, 27(77), 73-79.

- Masrat, R., Mohammad, J., Zoheb, K., y Luqman, A. (2020). Propiedades morfológicas, fisicoquímicas y térmicas de la celulosa microcristalina (MCC) extraída de la fibra de bambú. *Moléculas*, 25 (12), 1-15.
- Matiacevich, S., Soto M. y Gutiérrez C. (2023). Economía circular: obtención y encapsulación de compuestos polifenólicos provenientes de residuos agroindustriales. *RIVAR (Santiago)*, 10 (28), 77-332.
- Matías, R., Hidalgo, C., Fuentes, M., Delgadillo, J., & Etchevers, J. (2023). Potencial de especies de leguminosas mejoradoras de la fertilidad del suelo en regiones tropicales. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 14 (4), 531-541.
- Matute, K., Plaza, M. (2023). *Elaboración de fibras textiles a partir de la extracción de celulosa de residuos agrícolas generados en el mercado Simón Bolívar de Riobamba*. [Trabajo de Integración Curricular, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio ESPCR.
- Medina, C., Rosa, E. (2022). Determinación del poder calorífico de los residuos sólidos agroindustriales de cáscara de café y tallo de plátano combinados con nanocelulosa. [Trabajo de Integración Curricular, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Repositorio] ESPCR.
- Medina, T., Arroyo, A., Herrera, C., Mexicano, L., Mexicano, A., (2018) Análisis químico proximal en residuos de sólidos de cerveza artesanal, *Abanico veterinarios* 8 (3), 2468-3162.
- Mena L, (2024). *Estudio de mercado y financiero en la prefactibilidad de la producción y comercialización del abono orgánico generado en el proyecto Giro sostenible UdeA 2.0, en la ciudad de Medellín*. [Trabajo de grado, Corporación Universitaria Minuto de Dios]. Repositorio institucional UNIMINUTO.
- Mena, M., Hernández, A., León, E., Cruz, R., Rayas, A., Díaz, M., Jiménez, J., Miranda, G., García, J., & López, J. (2019). Biopolímeros de celulosa en empaques alimenticios: Retos y aplicaciones. *Agro Productividad*, 12 (11).
- Meza, D., & Ladino, H. (2024). Comparison of cellulose extraction methods from cocoa pod husk FEAR 5 Clone in the department of Risaralda (Colombia). *Información tecnológica*, 35 (3), 11-24.
- Meza, L., Del Rocío, C., Huanca, G., & Rutti, M. (2020). *Biosorción de Plomo en aguas contaminadas en la cuenca del Tulumayo utilizando residuos Agroindustriales del café y cacao de la Selva Central* [Proyectos de Investigación con financiamiento

- interno Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa - UNISCJSA]. Repositorio UNISCJSA.
- Miranda, Y. (2019) Aspectos estructurales, reológicos y dieléctricos de la etil-celulosa. *Ingenierías*, 23 (83), 4-53.
- Nagaoka, T., Wasaki, J., & Kouno, K. (2012). Isolation and Characterization of Cellulose-decomposing Bacteria Inhabiting Sawdust and Coffee Residue Composts. *Microbes And Environments*, 27 (3), 226-233.
- Organización de las Naciones Unidas (2015) Agenda 2030 para el desarrollo sostenible. México. sitio web: <http://www.org.mx> agenda 2030.
- Ortega, L., Quirino, C., Noguez, N., & Salazar, A. (2016). Efecto de la hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) en la liberación de un fármaco iónico. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 47 (1), 55-61.
- Ortega, S. (2023) *Estudio de enzimas con actividad celulítica y pectinolítica producidas por bacterias deslizantes* [Tesis para la obtención de Título de Ingeniero Químico, Universidad Autónoma de México]. Dirección general de Biblioteca UNAM.
- Osalde, V. (2023). *Obtención de nanofibras de celulosa de residuos de cáscara de naranja y de Hibiscus sabdariffa por electrospinning*. [Tesis colectiva para obtener el título de ingeniero químico en materiales, Universidad Autónoma de Querétaro Facultad de química]. Repositorio UAQ.
- Peralta, I., Gómez, A., Romero, P.A., & Reyes, A. (2017). Uso antropocéntrico del guaje *Leucaena esculenta* (Moc. & Sessé Ex. Dc.) Benth, en dos comunidades de la mixteca baja oaxaqueña, México. *Polibotánica*, (43), 349-234.
- Pérez, Á., Batista, M., Velásquez, J., & García, J. (2014). Acetato de celulosa del bagazo de la caña de azúcar: plastificación y evaluación de propiedades. *Ciencias Holguín*, 20 (1), 1-10.
- Pinzón, D. I. y Rodríguez, C. (2022). *Diseño conceptual de la extracción de celulosa presente en la borra de café por medio de una digestión Kraft*. [Trabajo de grado, Fundación Universidad de América]. Repositorio Institucional Lumieres.
- Ramírez, K. (2023). Elaboración de una base de datos sobre el efecto de la alimentación con *Leucaena* (*Leucaena leucocephala*) sobre el consumo, digestibilidad y desempeño productivo en rumiantes en los trópicos. [Tesis para obtener el grado

- de licenciatura en Ingeniero Agrónomo, Universidad del Salvador]. Repositorio oficial USAL.
- Ramírez, L., Solorio, J., Aguilar, F., Ayala J., & Ku-Vera, J. (2019). *Leucaena leucocephala* feeding systems for cattle production in Mexico. *Tropical grasslands-Forrajes Tropicales*, 7(4), 375-380.
- Renato, D. (2024) *Extracción y caracterización de celulosa a partir de los residuos forestales de la Estación Experimental 'Tunshi' utilizando Bacillus subtilis*. [Informe de investigación previo a la obtención de título de: Maestría en biotecnología, Universidad Estatal de Milagro]. Repositorio UNEMI.
- Rimac, S. (2019). *Bioplásticos*. [Trabajo de obtención de grado para Ingeniería Ambiental, Universidad Científica del Sur]. Repositorio científica.
- Rivas, E. (2023) *Implementación de métodos para la determinación de humedad y grasa en productos cárnicos y lácteos por infrarrojo y microondas más resonancia magnética nuclear*. [Tesis para obtención de grado de maestrías, Universidad de El Salvador]. Repositorio Universidad de El Salvador
- Román, N., García, M., Castillo, A., Sahagún, J., Y Jiménez, A. (2014). Componentes nutricionales y antioxidantes de dos especies de guaje (*Leucaena spp.*): un recurso ancestral subutilizado. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 20 (2), 157-170.
- Román, N., García,M., Castillo, A.,- Sahagún,J, y Jiménez, A. (2014). Componentes nutricionales y antioxidantes de dos especies de guaje (*Leucaena spp.*): un recurso ancestral subutilizado. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 20 (2), 157-170.
- Romero, M. (2022). Los residuos agroindustriales, una oportunidad para la economía circular. *TecnoLógicas*, 25 (54), e100.
- Salazar, J., Enríquez, V., Salma A., Zuñiga, M., Bagdi, S., & González., A, Gustavo A.. (2023). Residuos agroindustriales como fuente de nutrientes y compuestos fenólicos. *Epistemus (Sonora)*, 17 (34), 60-69.
- Salazar, N., Enríquez, S., Zuñiga, B., González, A.(2023).Residuos agroindustriales como fuente de nutrientes y compuestos fenólicos. *Epistemus (Sonora)*. 17 (34),60-69.

- Salazar, S. (2012). Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro. *BioTecnología*, 16 (1).
- Sandoval, D., Camarillo, D., Amaro, A., García, M., Campos, R., y Regalado, C. (2023). Empaque bioplástico para alimentos con propiedades antifúngicas elaborado a partir de residuos agroindustriales. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 8 (1), 802–807.
- Santiago, A., Miguel, E., Hernán, U., (2011) Residuos agroindustriales: su impacto, manejo y aprovechamiento. Universidad Estatal Amazónica. Departamento de Ciencias de la Tierra. Puyo, Pastaza, Ecuador. *Revista Científica de Investigación, Docencia y Proyección Social*. Diciembre 2022. 27, (05-10)1390-6267.
- Santiago, F., Lara, A., González, R., Mendoza, P., Delgado, E., Maldonado, E., Garedaghi, Y. y Olmedo, A. (2023). Anthelmintic evaluation of four fodder tree extracts against the nematode *Haemonchus contortus* under in vitro conditions. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 14 (4), 855-873
- Saval, S. (2012) Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro. *BioTecnología*, 16 (2).
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2021). Clasificación, reciclaje y valoración de los RSU. Sitio web: gob.mx (www.gob.mx)
- Sernaqué, F., Huamán, M., Pecho, Hugo., & Chacón, M. (2020). Biodegradabilidad de los bioplásticos elaborados a partir de cáscaras de *Mangifera indica* y *Musa paradisiaca*. *Centro Agrícola*, 47 (4), 22-31.
- Serpa, L. (2021). Encapsulación de extractos vegetales en liposomas y sistemas derivados. [Trabajo de pregrado, Universidad de Cartagena]. Repositorio UdeC.
- Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica. (2019) Residuos sólidos. Sitio web: Residuos sólidos (inegi.org.mx)
- Smith, B., & Jones, C. (2018). Effects of Moisture Content on Coffee Waste Management. *Environmental Technology*, 25 (4), 789-802.
- Smith, J. K., Johnson, L. M., & Brown, R. W. (2019). Lipid content analysis of coffee waste for potential biofuel production. *Journal of Sustainable Energy*, 12 (3), 78-89.
- Sothornvit, R. (2024). Novel Sequential Microwave-Ultrasonic-Assisted Extraction of Phenolic Compounds from Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) Peel Waste

- Using Choline Chloride-Lactic Acid Deep Eutectic Solvent. *Food And Bioprocess Technology*. 11 (234).
- Soto, T., Gerónimo, L. A., Romero, Y., Xochihua, M., Falcón, G., & Molina, C. E. (2023). Del laboratorio a la simulación: Evaluación de pretratamientos para la obtención de bioetanol a partir de residuos de brócoli. *Jóvenes en la ciencia*, 21, 1–11.
- Toscano, L., & Ayala, A. (2021). Caracterización química de paja de trigo del valle de mexicali y la correlación entre el no. kappa y el contenido de lignina. *Memorias del XXXVI Encuentro Nacional de la AMIDIQ*
- Udenigwe, C., Lu, Y., Han, C., & Aluko, R. E. (2009). Flaxseed protein-derived peptide fractions: Antioxidant properties and inhibition of lipopolysaccharide-induced nitric oxide production in murine macrophages. *Food Chemistry*, 116 (1), 277-284.
- Urribarrí, A., Zabala, A., Sánchez, J., Arenas, E., Chandler, C., Rincón, M., González, E., & Aiello Mazzarri, C. (2014). Evaluación del potencial de la borra de café como materia prima para la producción de biodiesel. *Multiciencias*, 14 (2), 129-139.
- Uscanga, E., Montero, G., Toscano, L., Pérez, L., Torres, R., and Beleho-Cabarcas, M. T. (2014). *Determinación de los principales componentes de la biomasa lignocelulósica; celulosa, hemicelulosa y lignina de la paja de trigo para su posterior pretratamiento biológico* [XVII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas, Agricultura sustentable: Uso eficiente del agua, suelo y fertilizantes, Mexicali, México].
- Valdivieso, J. (2020). *Diseño de un proceso para la obtención de papel a partir de la celulosa extraída del olote de Maíz (Zea mays L. var. Ceratina)*. [Trabajo de titulación para optar al grado académico de: ingeniero químico, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba]. DSpace Spoch.
- Valenciaga, D., & Chongo, B. (2004). La pared celular. Influencia de su naturaleza en la degradación microbiana ruminal de los forrajes. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 38 (4), 343-350.
- Vargas, Y., Pérez L., (2018) Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Rev. Ciencias Básicas*, 14 (1) 2018, 59-72.

- Velázquez, L., Zamora, L., Bolaños, E., Osvaldo, F. a (2020). Simulación dinámica del proceso de remoción de hemicelulosa y producción de xilosa a partir de residuos agroindustriales. *Academia Mexicana de Investigación y Docencia en Ingeniería Química*. 9 (852).
- Villalva, V., Gama, M. de los Ángeles, Salmerón, B., Ramos, G. G., & Vargas Sotomayor, N. A. (2023). Evaluación química, actividad antioxidante y cuantificación de flavonoides de la semilla y cáscara de yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam). *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7 (1), 7348-7372.
- Zengin, G., Sinan, K., Mahomoodally, M. F., Angeloni, S., Mustafa, A. M., Vittori, S., Maggi, F., & Caprioli, G. (2020). Chemical composition, antioxidant and enzyme inhibitory properties of different extracts obtained from spent coffee ground and coffee silverskin. *Foods*, 9 (6), 713.

CAPÍTULO VIII

ANEXOS

8.1 Determinación de humedad.

Tabla 8. Análisis de Varianza para determinación de humedad.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
muestra	2	1898.99	949.493	1718.63	0.000
Error	6	3.31	0.552		
Total	8	1902.30			

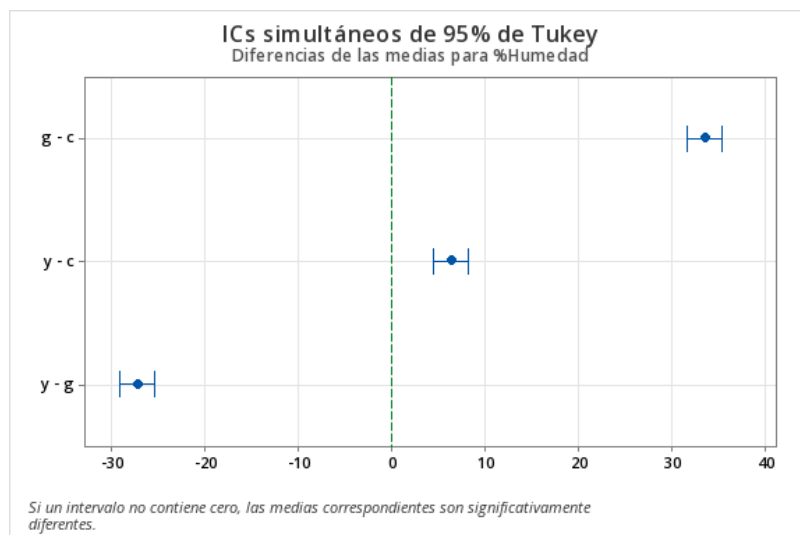
Tabla 9. Medias en las muestras de humedad.

muestra	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
c	3	3.753	0.228	(2.703, 4.803)
g	3	37.250	0.989	(36.200, 38.300)
y	3	10.111	0.792	(9.061, 11.161)

Desv.Est. agrupada = 0.743283

Tabla 10. Tukey con una confianza de 95% para muestras de determinación de humedad.

Muestra	N	Media	Agrupación
G	3	37.250	A
Y	3	10.111	B
C	3	3.753	C



Gráfica 1. Tukey en determinación de humedad

8.2 Determinación de lípidos.

.

Tabla 11. Análisis de Varianza para la determinación de lípidos.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Muestra	2	105.961	52.9803	110.33	0.000
Error	6	2.881	0.4802		
Total	8	108.842			

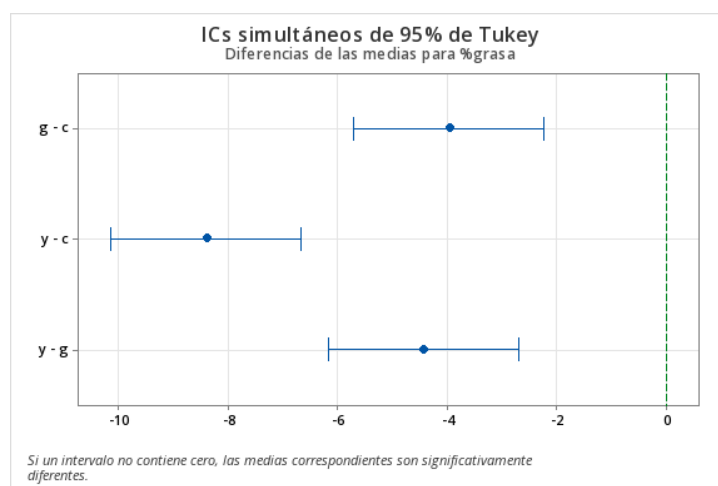
Tabla 12. Medias en Determinación de lípidos.

Muestra	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
C	3	11.420	0.340	(10.441, 12.399)
G	3	7.449	0.848	(6.470, 8.428)
Y	3	3.019	0.778	(2.040, 3.998)

Desv.Est. agrupada = 0.692960

Tabla 13. Tukey con una confianza de 95% para muestras de determinación de lípidos.

Muestra	N	Media	Agrupación
c	3	11.420	A
g	3	7.449	B
y	3	3.019	C



Gráfica 2. Tukey en extracción de grasas.

8.3 Cuantificación de flavonoides.

Tabla 14. Análisis de Varianza.

Fuente:	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Muestra	2	232.084	116.042	4871.17	0.000
Error	6	0.143	0.024		
Total	8	232.227			

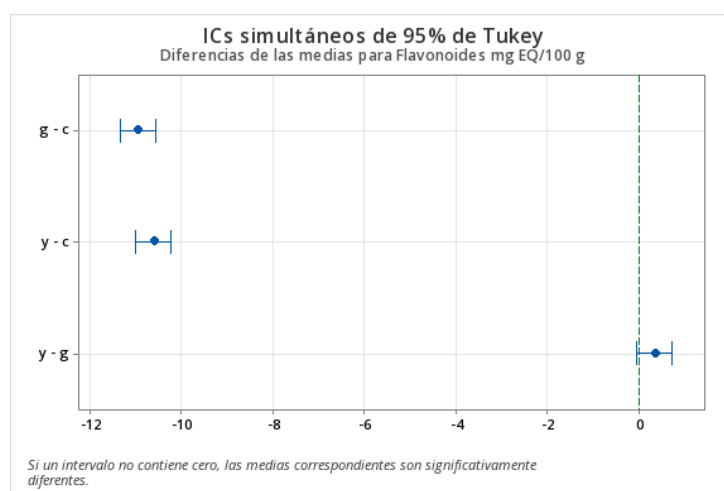
Tabla 15. Medias para la determinación de flavonoides.

Muestra	N	Medio	Desv.Est.	IC de 95%
c	3	11.787	0.196	(11.569, 12.005)
g	3	0.8500	0.1100	(0.6320, 1.0680)
y	3	1.1867	0.1443	(0.9686, 1.4047)

Desv.Est. agrupada = 0.154344

Tabla 16. Tukey para la determinación de flavonoides con una confianza de 95%.

Muestra	N	Medio	Agrupación
c	3	11.787	A
y	3	1.1867	B
g	3	0.8500	B



Gráfica 3. Tukey en Determinación de flavonoides.

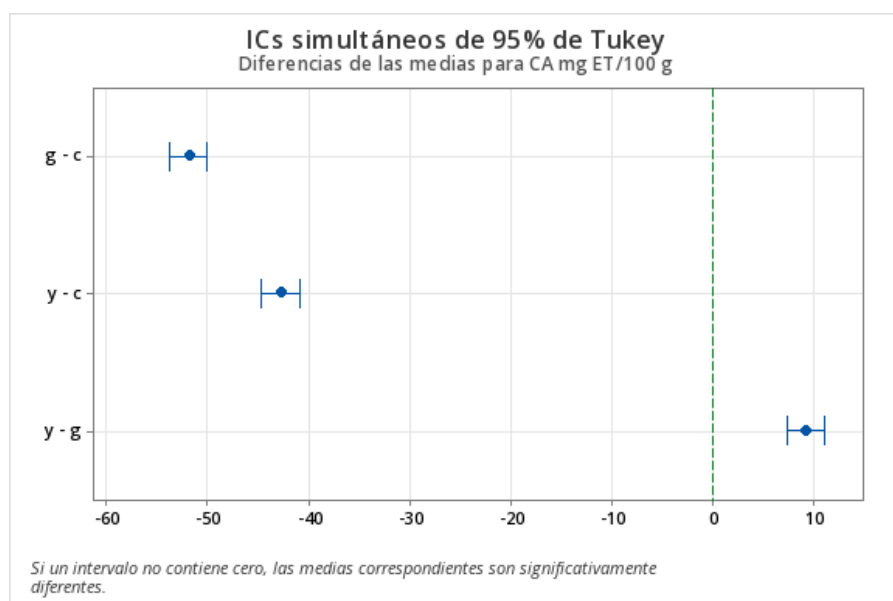
8.4 DPPH.

Tabla 17. Análisis de Varianza en determinación de capacidad antioxidante.

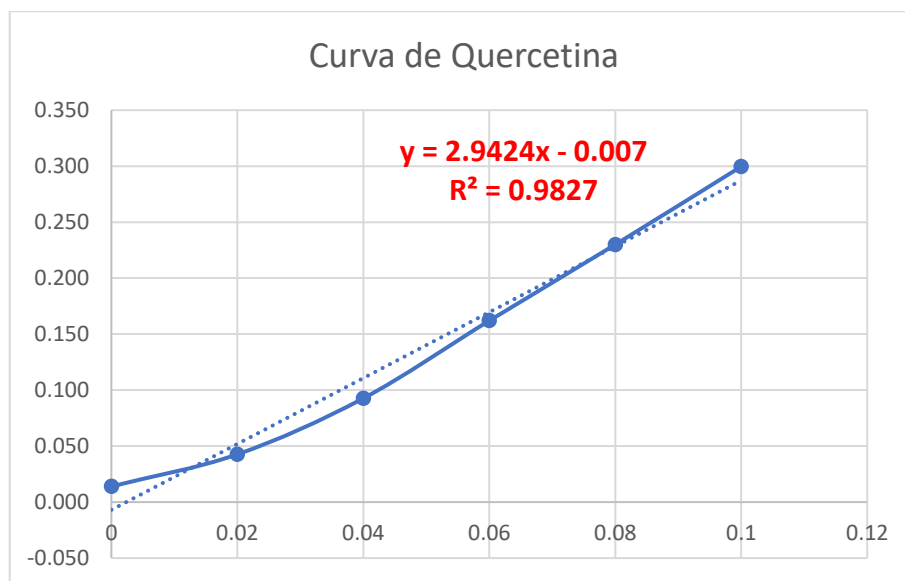
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Muestra	2	4598.63	2299.31	4063.99	0.000
Error	6	3.39	0.57		
Total	8	4602.02			

Tabla 18. Tukey en determinación de capacidad antioxidante con una confianza de 95%.

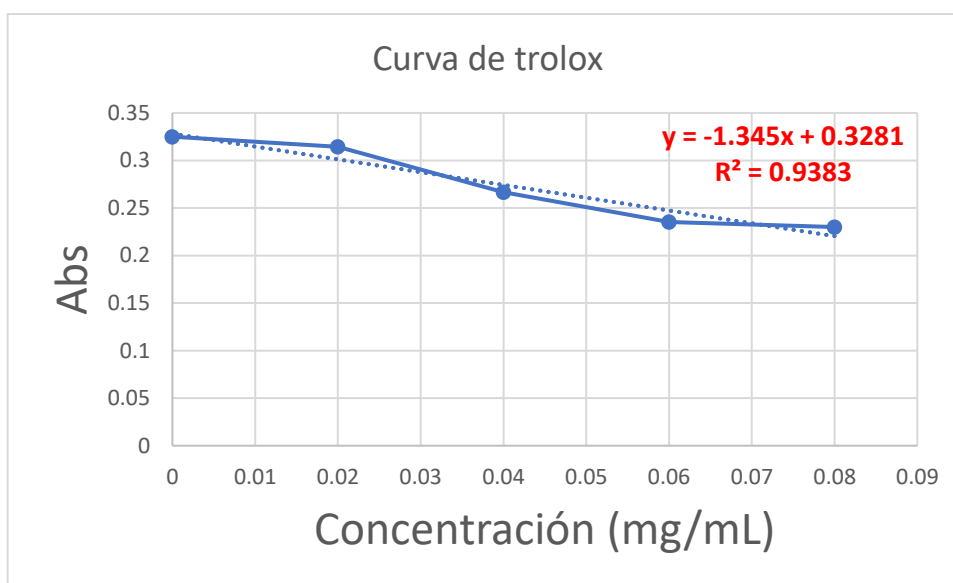
Muestra	N	Media	Agrupación
c	3	69.963 A	
y	3	27.240	B
g	3	18.1000	C



Gráfica 4. Tukey en determinación de capacidad antioxidante.



Gráfica 5. Curva estándar para la cuantificación de flavonoides.



Gráfica 6. Curva estándar para la cuantificación de capacidad antioxidante.

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL(LA) AUTOR(A) PARA LA CONSULTA Y
PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

El que suscribe:

MARIA DEL CARMEN

HERNÁNDEZ

CHINO

Con Número de
Control **20TE0282**

Perteneciente al
Programa **INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**
Educativo

Por este conducto me permito informar que he dado mi autorización para la consulta y publicación electrónica del trabajo de investigación en los repositorios académicos.

Registrado con el
producto: **TESIS**

Cuyo Tema es:

**EXTRACCIÓN DE CELULOSA A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS PARA SU APLICACIÓN COMO
BIOPELÍCULA EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA**

Correspondiente al periodo:

ENERO-JUNIO 2024

Y cuyo(a) director(a) de tesis es:

**D.C.A. JULIETA DEL CARMEN VILLALOBOS
ESPINOSA**



ATENTAMENTE

MARIA DEL CARMEN HERNÁNDEZ CHINO

Nombre y firma

Fecha de emisión: **27 DE JUNIO DE 2024**
c.c.p. Subdirección Académica

"2024, año del Libro y la Lectura".

Asunto: **Asignación de Asesor(a), Comisión Revisora, Entrega de Trabajo Profesional y Dictamen**

Teziutlán, Puebla, **14/junio/2024**

Asesor(a): **JULIETA DEL CARMEN VILLALOBOS ESPINOSA**
Integrante de Comisión Revisora: **MAYRA NICOLAS GARCIA**
Integrante de Comisión Revisora: **LILLIAN PATRICIA GONZALEZ RIOS**
Presentes

Por este medio me permito informar que ha sido asignado como asesor(a) y comisión revisora del trabajo profesional que se convertirá en Tesis de:

Alumno (a): **HERNANDEZ CHINO MARIA DEL CARMEN**
Apellido paterno/materno/nombre (s)
Número de Control: **20TE0282** Licenciatura o Posgrado: **INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**
Plan: **2010** Correo Electrónico: **L20TE0282@TEZIUTLAN.TECNM.MX**

Cuyo tema es: **EXTRACCIÓN DE CELULOSA A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS PARA SU APLICACIÓN COMO BIOPELÍCULA EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA**

25 palabras (máximo)

Se ha enviado a su correo institucional el trabajo profesional o de grado, por lo cual la comisión revisora tendrá 5 días hábiles para realizar las observaciones al alumnado, el(la) interesado(a) tendrá igualmente **5 días** para corregir y las enviará al correo electrónico institucional de la comisión revisora, agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de licenciatura o de posgrado de nuestro alumnado egresado.

Dictamen de Comisión Revisora, Aprobación de Impresión o Grabación y Autorización para subirla al Repositorio del TecNM

Siendo el día: 29 de agosto de 2024 se reunieron los miembros de la comisión para revisar el trabajo asignado y una vez analizado se decidió liberarlo y aprobarlo para su grabación y programación de examen profesional.

JULIETA DEL CARMEN VILLALOBOS ESPINOSA

Nombre y Firma del(la) Asesor(a)

LILLIAN PATRICIA GONZALEZ RIOS

Nombre y Firma de integrante de la Comisión Revisora

MAYRA NICOLAS GARCIA

Nombre y Firma de integrante de la Comisión Revisora

MYRIAM SANCHEZ PEREZ

Subdirección Académica

R08/06/2023

F-SAC-18

INSTITUTO TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE TEZIUTLÁN
SUBDIRECCIÓN
ACADÉMICA



LICENCIA DE USO OTORGADA POR **María del Carmen Hernández Chino**, de nacionalidad **mexicana**, mayor de edad, con domicilio ubicado en la calle **21 de marzo #33, San Juan Acateno en el municipio de Teziutlán, Puebla**, en mi calidad de titular de los derechos patrimoniales y morales y autor(a) de la tesis denominada **“Extracción de celulosa a partir de residuos orgánicos para su aplicación como biopelícula en la industria alimentaria.”** en adelante “LA OBRA” quien para todos los fines del presente documento se denominará “EL(LA) AUTOR(A) Y/O EL(LA) TITULAR”, a favor del Instituto Tecnológico **Superior de Teziutlán** del Tecnológico Nacional de México, la cual se registrá por las cláusulas siguientes:

PRIMERA –OBJETO: “EL(LA) AUTOR(A) Y/O EL(LA) TITULAR”, mediante el presente documento otorga al Instituto Tecnológico **Superior de Teziutlán** del Tecnológico Nacional de México, licencia de uso gratuita e indefinida respecto de “LA OBRA”, para almacenar, preservar, publicar, reproducir y/o divulgar la misma, con fines académicos, por cualquier medio en forma física y a través del repositorio institucional y del repositorio nacional, éste último consultable en la página: (<https://www.repositorionacionalcti.mx/>).

SEGUNDA - TERRITORIO: La presente licencia se otorga, de manera no exclusiva, sin limitación geográfica o territorial alguna, de manera gratuita e indefinida.

TERCERA -ALCANCE: La presente licencia contempla la autorización para formato uso de “LA OBRA” en cualquier formato o soporte material y se extiende a la utilización, de manera enunciativa más no limitativa a los siguientes medios: óptico, magnético, electrónico, virtual (en red), mensaje de datos o similar, conocido o por conocerse.

CUARTA – EXCLUSIVIDAD: La presente licencia de uso aquí establecida no implica exclusividad en favor del Instituto Tecnológico **Superior de Teziutlán**; por lo tanto, “EL(LA) AUTOR(A) Y/O EL(LA) TITULAR” conserva los derechos patrimoniales y morales de “LA OBRA”, objeto del presente documento.

QUINTA – CRÉDITOS: El Instituto Tecnológico **Superior de Teziutlán** y/o el Tecnológico Nacional de México reconoce que “EL(LA) AUTOR(A) Y/O EL(LA) TITULAR” es el(la) único(a), primigenio(a) y perpetuo(a) titular de los derechos morales sobre “LA OBRA”; por lo tanto, siempre deberá otorgarle los créditos correspondientes por la autoría de la misma.

SEXTA – AUTORÍA: “EL(LA) AUTOR(A) Y/O EL(LA) TITULAR” manifiesta ser el(la) único(a) titular de los derechos de autor que derivan de “LA OBRA” y declara que el material objeto del presente fue realizado por él(ella), sin violentar o usurpar derechos de propiedad intelectual de terceros; por lo tanto, en caso de controversia sobre los mismos, se obliga a ser el(la) único(a) responsable. Dado en la Ciudad de **Teziutlán, Puebla**, a los **veintisiete** días del mes de **junio** de dos mil **veinticuatro**.

“EL(LA) AUTOR(A) Y/O
EL(LA) TITULAR”,



María del Carmen Hernández Chino
Nombre y Firma

“EL INSTITUTO TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE TEZIUTLÁN”



Jessica Leticia Domínguez Andrade
Directora General
Nombre, Firma y Sello