

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**TESIS PARA OBTENER  
EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**DESARROLLO DE PELÍCULAS BIOACTIVAS CON  
INCORPORACIÓN DE EXTRACTO DE PULPA DE CAFÉ**

**Autor: Bach. Nelson Rimarachin Monsalve**

**Asesor: Ms. Segundo Grimaldo Chavez Quintana**

**Asesor: Ing. Miguel Angel Chauca Aguilar**

**Registro: (.....)**

**CHACHAPOYAS - PERÚ**

**2023**

# AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNTRM



## UNTRM

REGLAMENTO GENERAL  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

### ANEXO 3-H

#### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM

**1. Datos de autor 1**

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): RINARACHIN MONSALVE NELSON  
DNI N°: 75145174  
Correo electrónico: 7514517432@UNTRM-EDU.PE  
Facultad: INGENIERIA Y CIENCIAS AGRARIAS  
Escuela Profesional: INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

**Datos de autor 2**

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): \_\_\_\_\_  
DNI N°: \_\_\_\_\_  
Correo electrónico: \_\_\_\_\_  
Facultad: \_\_\_\_\_  
Escuela Profesional: \_\_\_\_\_

**2. Título de la tesis para obtener el Título Profesional**

DESARROLLO DE PELÍCULAS BIOACTIVAS CON INCORPORACIÓN DE EXTRACTO DE PULPA DE CAFÉ

**3. Datos de asesor 1**

Apellidos y nombres: Mg. CHAVEZ QUINTANA SEGUNDO GRIMALDO  
DNI, Pasaporte, C.E N°: 44011631  
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>) <https://orcid.org/0000-0002-0946-3445>

**Datos de asesor 2**

Apellidos y nombres: Ing. CHAUCA AGUILAR MIGUEL ANGEL  
DNI, Pasaporte, C.E N°: 47501609  
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>) <https://orcid.org/0000-0003-3563-0793>

**4. Campo del conocimiento según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos- OCDE (ejemplo: Ciencias médicas, Ciencias de la Salud-Medicina básica-Inmunología)**

[https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde\\_ford.html](https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html)  
2-11-00-OTRAS INGENIERIAS, OTRAS TECNOLOGIAS/2-11-C1-ALIMENTOS Y BEBIDAS

**5. Originalidad del Trabajo**

Con la presentación de esta ficha, el(la) autor(a) o autores(as) señalan expresamente que la obra es original, ya que sus contenidos son producto de su directa contribución intelectual. Se reconoce también que todos los datos y las referencias a materiales ya publicados están debidamente identificados con su respectivo crédito e incluidos en las notas bibliográficas y en las citas que se destacan como tal.

**6. Autorización de publicación**

El(los) titular(es) de los derechos de autor otorga a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), la autorización para la publicación del documento indicado en el punto 2, bajo la *Licencia creative commons* de tipo BY-NC: Licencia que permite distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial por lo que la Universidad deberá publicar la obra poniéndola en acceso libre en el repositorio institucional de la UNTRM y a su vez en el Registro Nacional de Trabajos de Investigación-RENATI, dejando constancia que el archivo digital que se está entregando, contiene la versión final del documento sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador.

Chachapoyas, 06 de Julio de 2023

  
Firma del autor 1

  
Firma del Asesor 1

Firma del autor 2

  
Firma del Asesor 2

## **DEDICATORIA**

A Dios, por protegerme en estos momentos de incertidumbre y aún brindarme salud.

A mis padres, hermanos y familiares por sus consejos, enseñanza y apoyo incondicional que me brindaron todo este tiempo y así poder culminar mi carrera profesional con éxito.

## AGRADECIMIENTO

Agradecer en primer lugar a Dios por la vida que nos regala, a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, a la asociación agraria manos unidas-Roblepampa -Nueva York, al Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES) y **Subproyecto “Desarrollo de películas bioactivas con incorporación de extracto de pulpa de café”** quien me brindó el apoyo para llevar a cabo el desarrollo de la presente tesis de posgrado.

Agradecimiento de manera muy especial al equipo de profesionales que laboran en el Laboratorio Fisiología y Biotecnología Vegetal (FSIOBVEG) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas y, al equipo del CEINCAFE por haberme brindado las instalaciones, facilidades, materiales, equipos, por todo su acompañamiento y ayuda brindada.

A mis padres y hermanos quienes me han acompañado en todo momento, brindándome su apoyo incondicional para poder lograr mis metas.

A mi asesor, Segundo Grimaldo Chavez Quintana y Miguel Angel Chauca Aguilar. Por brindarme la oportunidad y seguir fortaleciendo mis conocimientos teóricos y prácticos.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ  
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Ph.D. Jorge Luis Maicelo Quintana  
**Rector**

Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres  
**Vicerrector Académico**

Dra. María Nelly Luján Espinoza  
**Vicerrectora de Investigación**

Dr. Erick Aldo Auquiñivin Silva  
**Decano de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias**

## VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS



**UNTRM**

**REGLAMENTO GENERAL**  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

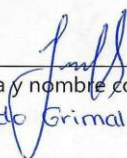
### ANEXO 3-L

#### VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM ()/Profesional externo ( ), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada DESARROLLO DE PELÍCULAS BIOACTIVAS CON INCORPORACIÓN DE EXTRACTO DE PULPA DE CAFÉ<sup>TI</sup>; del egresado NELSON RIMARACHIN MONSAUVE de la Facultad de INGENIERIA Y CIENCIAS AGRARIAS Escuela Profesional de INGENIERIA AGROINDUSTRIAL de esta Casa Superior de Estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 13 de FEBRERO de 2023

  
Firma y nombre completo del Asesor  
Segundo Grimaldo Chavez Quintana

## VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS



### ANEXO 3-L

#### VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

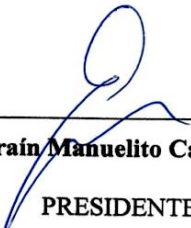
El que suscribe el presente, docente de la UNTRM ( )/Profesional externo (X), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada DESARROLLO DE PELÍCULAS BIOACTIVAS CON INCORPORACIÓN DE EXTRACTO DE PULPA DE CAFÉ del egresado NELSON RIMARACHIN MONSLVE de la Facultad de INGENIERIA Y CIENCIAS AGRARIAS Escuela Profesional de INGENIERIA AGROINDUSTRIAL de esta Casa Superior de Estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 13 de FEBRERO de 2023

Firma y nombre completo del Asesor  
Miguel Angel Chauca Aguilar

## JURADO EVALUADOR DE LA TESIS




---

**Dr. Efraín Manuelito Castro Alayo**  
PRESIDENTE



---

**M.Sc. Armstrong Barnard Fernández Jeri**  
SECRETARIO



---

**Mg. Robert Javier Cruzalegui Fernandez**  
VOCAL



# CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



**UNTRM**

**REGLAMENTO GENERAL**  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

## ANEXO 3-Q

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

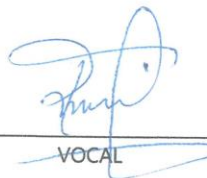
DESARROLLO DE PELÍCULAS BIOACTIVAS CON  
INCORPORACIÓN DE EXTRACTO DE PULPA DE CAFÉ  
presentada por el estudiante ( )/egresado (X) NELSON RIMARACHIN MENSALDE  
de la Escuela Profesional de INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
con correo electrónico institucional 7514517432@UNTRM.EDU.PE

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- a) La citada Tesis tiene 22 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (X) / igual ( ) al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- b) La citada Tesis tiene \_\_\_\_\_ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.

Chachapoyas, 27 de abril del 2023

  
SECRETARIO

  
VOCAL

  
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

.....  
.....

# ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

## ANEXO 3-5

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 12 de Julio del año 2023 siendo las 3:00 horas, el aspirante: Nelson Pimorachia Monsalve, asesorado por Ing. Msc. Segundo Grimaldo Chavez Quintana defiende en sesión pública presencial () / a distancia ( ) la Tesis titulada: Desarrollo de películas bioactivas con incorporación de extracto de pulpa de café.

para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: Dr. Efraín Manuelito Castro Mayo  
Secretario: M. Sc. Armstrong Barnard Fernández Jari  
Vocal: Yg. Robert Javier Cruzalegui Fernández



Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado () por Unanimidad () / Mayoría ( ) Desaprobado ( )

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 4:15 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

[Signature]  
SECRETARIO

[Signature]  
VOCAL

[Signature]  
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

## ÍNDICE GENERAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACION DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
AUTORIDADES DE LA UNIVERCIODAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS .....	v
VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS .....	vi
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS .....	viii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS .....	ix
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS.....	x
ÍNDICE GENERAL .....	xi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiv
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT.....	xvi
I. INTRODUCCIÓN.....	17
II. MATERIAL Y MÉTODOS.....	20
2.1. Lugar de ejecución .....	20
2.2. Materiales.....	20
2.3. Reactivos .....	20
2.4 Métodos.....	20
2.5. Preparación de la pulpa de café .....	20
2.6. Extracción de compuestos bioactivos de pulpa de café.....	21
2.7. Elaboración de películas bioactivas .....	21
2.8. Determinación de las propiedades físicas de las películas bioactivas.....	21
2.9. Contenido de humedad .....	22
2.10.Actividad de agua .....	22
2.11. Solubilidad .....	23
2.12. espesor .....	23
2.13. Flexibilidad.....	23
2.14. Propiedades reológicas.....	23
2.15. Caracterización de la bioactividad del biopolímero.....	24

2.16. Capacidad antioxidante .....	24
2.17. Fenoles totales .....	24
2.18. Análisis de datos .....	25
<b>III. RESULTADOS.....</b>	<b>26</b>
<b>IV. DISCUSIÓN.....</b>	<b>32</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>36</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>37</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>38</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>44</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica de las películas bioactivas.....	27
Tabla 2. Espesor,flexibilidad de las películas bioactivas.....	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Viscosidad de películas bioactivas. ....	29
Figura 2. Capacidad antioxidante de las bioplásticos bioactivos.....	30
Figura 3. Fenoles totales de bioplásticos bioactivos.....	31
Figura 4. Preparación del almidón, glicerol y alcohol polivinílico para la película bioactiva .....	44
Figura 5. Moldeado de las películas bioactivas en placas Petri.....	44
Figura 6. Evaluación de la humedad de la película bioactiva.....	45
Figura 7. Evaluación de la flexibilidad de las películas bioactivas.....	45

## RESUMEN

Las películas a base de almidón e incorporación de compuestos bioactivos de café pueden introducirse como una forma innovadora de conservar y envasar dichos productos alimenticios para prolongar su vida útil. Estos están compuestos por biopolímeros como subproductos infrautilizados de la industria alimentaria, formando un compuesto biodegradable y comestible que contiene componentes bioactivos en su composición. Por lo tanto, el presente estudio se realizó con el objetivo de desarrollar películas bioactivas con incorporación de extracto de pulpa de café Catimor. Las películas bioactivas se evaluó su espesor, humedad, actividad de agua, solubilidad, color, flexibilidad y viscosidad perfil de actividad antioxidante, Los resultados mostraron que en las películas bioactivas presentó una mejor propiedad fisicoquímica, solubilidad y comportamiento reológico, antioxidante en comparación con la muestra control. También se observó a mayor dosis 0.09 % de adicción de extracto de café se tiene mayor capacidad antioxidante produciendo una película con mayor y mejores propiedades mecánicas, como la resistencia al agua, mayor flexibilidad y resistencia al rompimiento. Por lo que se sugiere su posible uso potencial como envase activo contra la oxidación de los alimentos envasados como frutas deshidratadas, frutos secos y así poder mejorar la vida útil de los productos.

**Palabras clave:** Pulpa de café, capacidad antioxidante, fenoles, película bioactiva

## **ABSTRACT**

Starch-based films and incorporation of bioactive compounds from coffee can be introduced as an innovative way to preserve and package such food products to extend their shelf life. These are composed of biopolymers as underutilized by-products of the food industry, forming a biodegradable and edible composite containing bioactive components in its composition. Therefore, the present study was carried out with the objective of developing bioactive films with incorporation of Catimor coffee pulp extract. The bioactive film was evaluated for thickness, humidity, water activity, solubility, color, flexibility and viscosity, antioxidant activity profile. The results showed that the bioactive film presented better physicochemical properties, solubility, rheological and antioxidant behavior compared to the control sample. It was also observed that a higher dose of 0.09 % of coffee extract additive has greater antioxidant capacity producing a film with greater and better mechanical properties, such as water resistance, greater flexibility and resistance to breakage. Therefore, it is suggested its possible potential use as an active packaging against oxidation of packaged foods such as dried fruits, nuts and dried fruits and thus to improve the shelf life of the products.

**Keywords:** Coffee pulp, antioxidant capacity, phenols, bioactive film.



## **I. INTRODUCCIÓN**

Los consumidores demandan cada día alimentos más frescos y más naturales debido a los cambios en los hábitos alimenticios. Además, la eliminación de materiales de envasado de alimentos no renovables, como plásticos, papel y algunos recubrimientos de cera tóxicos, genera preocupaciones ecológicas que amenazan la vida (More et al., 2022).

El mayor desafío para el ser humano es lograr un desarrollo sostenible sin dañar el medio ambiente y alterar los ecosistemas. Por lo tanto, el cambio climático y el efecto invernadero, se ha convertido en grandes problemas mundiales. Por consiguiente, se ha convertido en responsabilidad de las empresas reducir y sobre todo prevenir, con un buen desarrollo sostenible, el impacto ambiental, a través de sus productos y servicios de manera eficiente, a lo largo de toda su vida (Cai & Li, 2018).

Actualmente se utiliza al plástico como envases de alimentos debido a su bajo costo, fácil procesamiento, fabricación en diversas formas, conveniencia y propiedades fisicoquímicas deseables ( Sani et al., 2023). El excesivo consumo de plásticos está creciendo notablemente sin importar las innumerables formas de comercio y campañas de concientización a las personas solo con el propósito de poder acortar el empleo (Xie et al., 2022), alrededor de 8,2 millones de toneladas de desechos que provienen del plástico por año se esparcen a los mares en todo el planeta, ocasionando averías a las especies que dependen de las aguas del mar (Acquavia et al., 2021).

Por lo tanto, el enriquecimiento de MPPE en el compuesto de caseína y almidón como material de envasado bioactivo podría proteger eficazmente la calidad de los alimentos oxidativos y de alta humedad con una vida útil prolongada de los alimentos envasados (More et al., 2022b).

Durante las etapas de postcosecha y procesamiento de un producto, se produce una pérdida de calidad y cantidad de alimentos a lo largo del proceso de la cadena productiva comúnmente definida como desperdicio de alimentos, las industrias más comunes que producen grandes cantidades de desechos de alimentos incluyen subproductos de frutas de las industrias de uvas, remolachas, heces de aceituna,

mermeladas, jugos y jaleas (manzanas, plátanos, cítricos, melocotones, arándanos, mangos, peras), y residuos vegetales, como zanahorias, tomates, patatas, yuca, hinojo o alcachofas (Bayram et al., 2021). Por lo tanto, los subproductos del procesamiento agrícola como pieles, semillas, orujos, hojas, extractos, gomas, etc., generados durante la producción y procesamiento de alimentos contienen muchos biopolímeros y fibras como celulosa, almidón, pectina y proteínas de origen vegetal (Karimi Sani et al., 2023).

En la actualidad, las películas comestibles se han estudiado cada vez más para solucionar el deterioro muscular de los alimentos durante el almacenamiento, especialmente mediante la incorporación de extractos de plantas para desarrollar materiales de empaques comestibles. En el sistema de películas, la estructura y las propiedades fisicoquímicas se fortalecieron a través de interacciones químicas entre las moléculas activas en los extractos de plantas y los grupos reactivos en la cadena del polímero (Xie et al., 2022). Por lo tanto, existe una gran demanda de fabricación de plásticos a partir de recursos renovables, biopelículas para reemplazar los plásticos sintéticos a base de polímeros, especialmente en las industrias de envasado de alimentos. Estos bioplásticos se obtienen de recursos naturales y una elevada biodegradación (Acquavia et al., 2021).

Los subproductos agrícolas de bajo valor pueden representar una fuente viable de materias primas de biopolímeros que se pueden utilizar para reducir el costo de fabricación de películas y recubrimientos comestibles. El desarrollo de películas de biopolímeros que posean propiedades mecánicas y de barrera contra la humedad favorables es importante para la aplicación de películas a los sistemas alimentarios (Borah et al., 2017).

La incorporación de compuestos bioactivos de café, otra matriz, juega un papel importante en la tecnología de envase activo, dando como resultado soluciones innovadoras para extender su vida útil del alimento envasado (Rizwan et al., 2021). El prensado en frío de granos de café verde sin tostar (*Coffea Arabica* L.) genera abundantes residuos para la producción de aceite de café verde (GCO), ingrediente atractivo para formulaciones cosméticas con absorción de UVB, propiedades antienvjecimiento y emolientes (Oliveira et al., 2018).se desarrollaron películas bioactivas con sub productos del café uno de ello es el desarrollo de películas

biolimericas de galactomananos de posos gastados de café encontrando que la celulosa juega un papel importante en las propiedades mecánicas (resistencia a la tracción y deformación) y la permeabilidad al vapor de agua de la película (Coelho et al., 2021).

Se sabe que los envases inteligentes basados en plástico, metal, vidrio y papel se han empleado con éxito para alimentos. Sin embargo, su producción es intensiva en energía y genera emisiones con un impacto ambiental intenso (Marsh & Bugusu, 2007). Después del consumo de un producto alimenticio, el manejo de los residuos de envases también es un problema grave incluso para los países desarrollados. Además, la migración de compuestos peligrosos de los sistemas de empaque inteligente convencionales y el consumo posterior por la eliminación inadecuada de materiales de empaque a base de petróleo han planteado serias preocupaciones ambientales y de salud (Chen et al., 2020).

El objetivo de investigación fue desarrollar películas bioactivas con incorporación de extracto de pulpa de café.

## **II. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **2.1 Lugar de ejecución**

Para el desarrollo de películas bioactivas con incorporación de extracto de pulpa de café, los análisis se realizaron en el laboratorio de Fisiología y Biotecnología Vegetal (FISIOBVEG), en conjunto con otros laboratorios de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

### **2.2 Materiales**

Pulpa de café Catimor se adquirió del distrito de Huambo provincia de Rodríguez de Mendoza, Amazonas, Perú.

### **2.3 Reactivos**

- Metanol grado HPLC
- Folin- Ciocalteu
- Ácido gálico
- Carbonato de sodio
- Dpph
- Alcohol polivinílico
- Almidón
- Glicerina
- Trolox

### **2.4 Métodos**

Se utilizó un esquema factorial 3k (superficie de respuesta), en el que k será la cifra de variables de la investigación: Almidón/ Alcohol polivinílico (A/APV) cada una de las repeticiones fue triplicada, así mismo, se asumió a modo de variables de respuesta la dureza, densidad, flexibilidad, capacidad antioxidante, humedad, biodegradabilidad.

Factor A: Dosis de extracto de café a1, 0.2 %; a2, 0.4 %; a3 0.6 %

Factor B: Almidón/Alcohol polivinílico (60/40, 50/50, 40/60)

b1, 60/40; b2, 50/50; b3,40/60

Para dicho ensayo se consideró 3 tratamientos por cada proceso lo que consistió en realizar tres replicas obteniendo así 81 unidades experimentales.

Se medirán factores como: Dosis de extracto de café (0.2, 0.4, 0.6%) y concentración de Almidón/ Alcohol polivinílico (60/40, 50/50, 40/60)

## **2.5 Preparación de la pulpa de café**

Se trabajó con 5 kg de pulpa de café variedad Catimor, procedente del distrito de Huambo provincia de Rodríguez de Mendoza, Amazonas, Perú. La pulpa de café fue seleccionada y secada a 60°C en una estufa (Venticell Ecoline, Alemania), hasta mantener la humedad constante.

La pulpa de café seca se molió en un molino de aspas (ASF 2HP) hasta tener un tamaño de partícula homogéneo, luego las muestras se tamizaron en un tamiz (100) con la finalidad de homogenizar la muestra y facilitar la extracción de los compuestos bioactivos.

## **2.6 Extracción de compuestos bioactivos de pulpa de café**

Para la extracción de los compuestos bioactivos de la pulpa de café de las muestras molidas tamizadas, se pesaron 10 gramos, estas fueron diluidas en un extracto acuoso 20% de metanol- agua a temperatura ambiente por de 30 min, luego la solución se centrifugó a 480 rpm por un lapso de 10 minutos, el filtrado se realizó en papel Whatman 40, la solución filtrada se colocó en tubos falcón de 50 mL, para eliminar el solvente se utilizó un rotavapor a 56 °C por 6 horas, luego las muestras se congelaron (ultracongelador ALS) a-48°C por 12 horas, Una vez finalizada la etapa de ultracongelación las muestras se procedieron a liofilizar (Terromi modelo LC1500 con campana acrílica) por 3 días, teniendo como variable respuesta la capacidad antioxidante, contenido de fenoles totales y contenido de flavonoides totales (Efraim et al., 2010).

## **2.7 Elaboración de películas bioactivas**

Las películas fueron elaboradas siguiendo la metodología descrita por Borah et al. (2017) con algunas modificaciones para ello, se trabajó con almidón de yuca comercial, glicerina y alcohol polivinílico. Para la formulación de la película

bioactiva se trabajó con una relación Almidón/Alcohol polivinílico de 40/60, 50/50 y 60/40% con la incorporación del 0.03, 0.06, 0.09% de extracto de café.

Para la obtención del polímero, se pesó la muestra en una balanza digital 9 g de almidón / 150 mL de agua destilada, luego se realizó la gelatinización del almidón a 65°C – 70°C por 30 min, luego se realizó la plastificación con la adición de glicerina 3.75g y 5g de alcohol polivinílico, esta mezcla se disolvió en 50mL de agua destilada a 70°C por 1 hora a la solución se le agrego los extractos de café 0.03, 0.06 y 0.09%, una vez agregado los extractos se colocó las soluciones en placas Petri y se homogenizó con una espátula teniendo en cuenta que sea homogénea la película, una vez terminado el moldeado se llevó las placas Petri a una estufa con una temperatura de 37 °C por 24 horas consecutivos, por último, se retiró el polímero biodegradable con la ayuda de un bisturí. Se guardó a temperatura ambiente para realizar los análisis correspondientes.

## 2.8 Determinación de las propiedades físicas de las películas bioactivas

### Color

La evaluación del color de las películas bioactiva se midió según la metodología descrita por Wang et al. (2019). Se midió utilizando un colorímetro (CM-5 Konica Minolta, Tokio, Japón), para ello, se trabajaron con patrones de L (luminosidad), a (rojo-verde) y b (amarillo-azul) siguiendo la metodología descrita por las medidas de color, coordenadas L\*, a\* y b\* del espacio del color. Se calibró el colorímetro con los siguientes estándares (L = 82.2, a = 0.32, b = 0.3268). Se obtuvo la diferencia de color total ( $\Delta E$ ) con la fórmula (Ecuación 1):

$$\Delta E = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)^{1/2} \quad \text{Ecuación 1}$$

### 2.9 Contenido de humedad

Para medir la humedad porcentual de las películas bioactivas (2 cm × 2 cm) se analizó gravimétricamente secando las muestras de las películas a 105 °C hasta obtener el peso constante siguiendo la norma técnica de la AOAC (2000) Ecuación 2.

$$H = \frac{P_h - P_s}{P_s} * 100 \quad \text{Ecuación 2}$$

## 2.10 Actividad de agua

Para calcular la actividad de agua de las películas bioactivas se utilizó la metodología descrita por (. More et al., 2022). Para ello se trabajó con películas de 5 cm de largo y 5cm ancho, estas se colocaron en un medidor de agua (Rotronic-HC2-aw, Suiza), los resultados se tomaron por triplicado.

## 2.11 Solubilidad

Se evaluó la solubilidad de las películas bioactivas según la metodología descrita por More et al. (2022), para ello, se trabajó con 0,5g de película secas, estas se tuvieron que diluir con 50 mL de agua destilada y se mantuvieron durante 8 h a temperatura ambiente. Luego las muestras se disolvieron con la ayuda de un agitador magnético a 150 rpm por 10 minutos, terminada esta etapa las muestras se filtraron en papel Whatman pesado y se secaron hasta peso constante, luego se calculó el valor de solubilidad según la Ecuación 3.

$$\text{Solubilidad}\% = \frac{w_2 - w_4}{w_2} * 100 \quad \text{Ecuación 3}$$

## 2.12 Espesor

La medición del tamaño de partícula de las películas bioactivas se realizó siguiendo la metodología descrita por Chowdhury et al. (2022). Par ello, se trabajó con películas bioactivas con una longitud de 30cm x 30cm, para ello, primero se colocó la muestra dentro la mordaza del micrómetro (Mitutoyo, 2017) se cerró, y se registró la lectura por triplicado. Las mediciones se realizaron por triplicado.

## 2.13 Flexibilidad

Para medir la flexibilidad se utilizó un analizador de textura CTX (AMETEK Brookfield) equipado con un software Texture Pro 1.0.19. Con una celda de carga plana de 10 kg con una velocidad de prueba de 5 mm/s y una profundidad de 0.8 mm. La velocidad de prueba del ensayo fue de 4 mm/s y la de post prueba de 10 mm/s, la tasa de adquisición de datos fue de 10 puntos por segundo con una fuerza de activación de 5g (Lillah et al., 2017). Las mediciones se realizaron por triplicado.

## 2.14 Propiedades reológicas

El comportamiento viscoelástico y el barrido dinámico de frecuencia de los bioplásticos bioactivos se analizaron con un reómetro de tensión controlada (Anton Paar, Modelo MCR 302e), equipado con una geometría de placa cónica conectado a un sistema Peltier placa-placa.

Las muestras se acondicionaron a 25°C en un horno (Venticell Ecoline, Alemania) durante 60 min. Luego las muestras se colocaron entre la placa cónica del reómetro y se cortaron en el rango de 0,1 a 1000 s<sup>-1</sup>, y la viscosidad de corte se midió en función del aumento de la velocidad de corte.

Se utilizó el modelo de Ostwald-de Waele para evaluar los datos experimentales de las muestras tanto para la viscosidad como para la tensión (Ecuación 4):

$$\frac{\eta}{\sigma} = K\gamma^{n-1} \quad \text{Ecuación 4}$$

donde  $\eta$  es la viscosidad de corte (Pa s),  $\sigma$  es la tensión de corte (Pa),  $K$  indica el índice de consistencia (Pa s<sup>n</sup>),  $\gamma$  representa la velocidad de corte (s<sup>-1</sup>) y  $n$  representa el índice de comportamiento del fluido.

## 2.15 Caracterización de la bioactividad del biopolímero

### A. Preparación del extracto metanólico

Se trabajó con 1g de película bioactiva, esta fue diluida en 50 mL de agua destilada con la ayuda de un Speaker (Lauda, Germany BS150) a 1000 rpm durante 30 min, luego las soluciones se centrifugaron (PrO-Analytical, Britain) a 3000 rpm durante 40 min. Finalmente, las muestras se filtraron en papel (Whatman N° 40- 2.5µm), el sobrenadante fue almacenado en frascos ámbar sellados herméticamente y almacenados a -20°C hasta su posterior análisis.

### 2.16 Capacidad antioxidante

La actividad antioxidante de las películas bioactivas se determinó mediante el ensayo de depuración del radical libre 2,2-difenil-1-picril-hidrazilo (DPPH). Se preparó una solución metanólica de DPPH al 0.1 mM. y se colocó 2 mL de esta solución en un tubo de ensayo y se agregó 200 µL del extracto. La mezcla se agitó y se incubó a temperatura ambiente (18°C) en condiciones de oscuridad. La absorbancia de la solución se midió con un espectrofotómetro UV-Vis a una



longitud de onda de 517 nm. Los valores de porcentajes de inhibición se calcularon de acuerdo a la ecuación (3). Dónde:  $A_0$ : Absorbancia de la solución de DPPH,  $A_S$ : Absorbancia del metanol,  $A_T$ : Absorbancia de la muestra.

$$\% \text{ inhibition of DPPH} = \frac{(A_0 - A_S) - (A_T - A_S)}{(A_0 - A_S)} \times 100 \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde,  $A_0$ : absorbancia de solución de DPPH,  $A_m$ : absorbancia del metanol y  $A_s$ : absorbancia del extracto de muestra. Los resultados se expresaron en mg equivalente Trolox/g de muestra (b.s.) para lo cual, se utilizó una curva del estándar Trolox ( $y=...$ ) en concentraciones de 0.025 – 0.25 mg/mL mostrándose buena linealidad ( $R^2 = 0.9946$ ).

### 2.17 Fenoles totales

Los compuestos fenólicos totales se determinaron mediante el ensayo de colorimetría Folin-Ciocalteu siguiendo la metodología desarrollada por Singleton et al. (1999), descrita por Cadena y Herrera (2008). Se colocó 50  $\mu$ L del extracto de cada muestra en tubos de ensayo, luego 1,5 mL de solución de Folin acuoso (1:10 v/v) y seguidamente 1,5 mL de  $Na_2CO_3$  al 7.5% (diluido en agua desionizada). Las soluciones se dejaron en estufa a 50 °C durante 5 minutos para su reacción. La lectura de absorbancia se realizó en un espectrofotómetro UV-Visible (UV-VIS PEAK, T9200, USA) a una longitud de onda de 765 nm. La cuantificación de fenoles totales se obtuvo a partir de una curva estándar de ácido gálico de 0.01 – 0.1 mg/mL ( $R^2 = 0.9949$ ). Los resultados se expresaron como mg de ácido gálico equivalente/g de cacao (b.s.)

### 2.18 Análisis de datos

Los datos se procesaron con análisis de varianza (ANOVA). Se utilizó la prueba de Tukey para determinar las diferencias con sig. = 0,05. Todos los datos experimentales se obtuvieron por triplicado utilizando el software SPSS vs 26

### III. RESULTADOS

#### A. Color

En la Tabla 1, se observa la representación de las coordenadas  $a^*b^*$  y  $L^*$  para cada una de las formulaciones. El color y la transparencia de los materiales de envasado de alimentos juegan un papel fundamental en su apariencia y aceptación por parte del cliente. En la tabla 1 se observa los efectos de la adición de los compuestos bioactivos de café sobre los parámetros calorimétricos de las películas bioactivas, observando que el color cambia a medida que se incrementa la dosis del extracto de café.

Los valores de humedad, actividad de agua y solubilidad de las películas con incorporación de compuestos bioactivos de café presentan diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) entre tratamiento, a medida que se incrementa la dosis del extracto de café aumenta la humedad de 12.56 a 21.46 % este fenómeno se da en todas las formulaciones. La actividad de agua en las películas bioactivas presentó diferencia estadística entre tratamientos evidenciando que a medida que aumenta la dosis de adicción del extracto de café (0.09%) aumenta la actividad del agua llegando un máximo de 0.60%, mientras que la formulación 50/50% presenta una mayor actividad de agua en comparación con los demás tratamientos.

La solubilidad es la capacidad que tiene una sustancia para disolverse con un líquido (Aguar et al., 2018), en la investigación se observó la solubilidad en las películas bioactivas aumenta a medida que se incrementó la dosis de incorporación de extracto de café. En la investigación se encontró que el valor de mayor solubilidad fue de 4.13% respectivamente correspondiente a la formulación 60/40 con una dosis de adicción de extracto de café de 0.03%.

**Tabla 1***Caracterización fisicoquímica de las películas bioactivas*

Tratamientos	Dosis %	Humedad %	Actividad de agua	Solubilidad %	L*	a*	b*
40-60	0	12.56±0.32 <sup>d</sup>	0.58±0.01 <sup>b</sup>	0.15±0.05 <sup>c</sup>	88.01±0.12 <sup>a</sup>	4.78±0.01 <sup>b</sup>	-6.15±0.05 <sup>d</sup>
	0.03	19.33±0.04 <sup>a</sup>	0.60±0.01 <sup>a</sup>	1.42±0.39 <sup>c</sup>	87.71±0.21 <sup>a</sup>	4.50±0.01 <sup>a</sup>	3.21±0.39 <sup>c</sup>
	0.06	20.73±0.04 <sup>b</sup>	0.60±0.01 <sup>ab</sup>	2.55±0.99 <sup>abc</sup>	85.78±0.01 <sup>b</sup>	4.45±0.01 <sup>ab</sup>	3.83±0.99 <sup>abc</sup>
	0.09	21.46±0.04 <sup>c</sup>	0.60±0.01 <sup>a</sup>	2.42±0.18 <sup>abc</sup>	83.72±0.05 <sup>c</sup>	4.34±0.01 <sup>c</sup>	5.48±0.18 <sup>b</sup>
50-50	0	11.26±0.33 <sup>d</sup>	0.59±0.01 <sup>a</sup>	3.27±0.54 <sup>ab</sup>	89.04±0.42 <sup>a</sup>	5.08±0.01 <sup>a</sup>	-6.64±0.54 <sup>d</sup>
	0.03	14.56±0.32 <sup>c</sup>	0.59±0.02 <sup>a</sup>	2.73±0.47 <sup>abc</sup>	86.43±0.41 <sup>ab</sup>	4.81±0.02 <sup>a</sup>	1.14±0.47 <sup>abc</sup>
	0.06	16.53±0.04 <sup>b</sup>	0.60±0.01 <sup>a</sup>	2.17±0.28 <sup>bc</sup>	84.43±0.04 <sup>b</sup>	4.68±0.01 <sup>a</sup>	5.29±0.28 <sup>b</sup>
	0.09	20.73±0.04 <sup>a</sup>	0.60±0.01 <sup>a</sup>	2.17±0.78 <sup>bc</sup>	79.68±0.05 <sup>a</sup>	0.60±0.01 <sup>d</sup>	10.02±0.78 <sup>a</sup>
60-40	0	8.73±0.04 <sup>a</sup>	0.51±0.01 <sup>b</sup>	3.22±0.09 <sup>ab</sup>	88.01±0.01 <sup>a</sup>	4.78±0.01 <sup>a</sup>	-6.15±0.09 <sup>d</sup>
	0.03	18.53±0.04 <sup>b</sup>	0.58±0.01 <sup>b</sup>	4.13±0.50 <sup>a</sup>	87.71±0.01 <sup>a</sup>	4.50±0.01 <sup>b</sup>	3.44±0.50 <sup>a</sup>
	0.06	19.73±0.04 <sup>b</sup>	0.58±0.02 <sup>ab</sup>	2.04±0.28 <sup>bc</sup>	85.78±0.01 <sup>b</sup>	4.45±0.02 <sup>b</sup>	3.83±0.28 <sup>c</sup>
	0.09	20.76±0.04 <sup>c</sup>	0.60±0.02 <sup>a</sup>	2.48±0.46 <sup>abc</sup>	83.72±0.01 <sup>c</sup>	4.34±0.02 <sup>c</sup>	5.48±0.46 <sup>b</sup>

Nota. Valores expresados como promedio ± desviación estándar por cada muestra los análisis fueron analizados por formulación, las letras diferentes muestran diferencia significativa, según la prueba univariado tukey comparando las medias (P <0.05).

## B. Espesor, flexibilidad de las películas bioactivas

En la tabla 2, se muestra el espesor de las películas bioactivas. El grosor medio de la película varía entre 0.01 mm a 0.2 mm mostrando una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre las muestras evaluadas. Las diferencias en el espesor de la película pueden deberse a que la película tiene una mayor cantidad de solución de almidón oxidado, también se observa que el espesor aumento para todos los tratamientos con respecto a los controles. Además, se observa que a mayor dosis de incorporación de compuestos bioactivos de café aumenta el espesor de la película.

La Flexibilidad es la capacidad de estiramiento de la película bioactiva (Ozkan et al., 2019), en la investigación se observa que a mayor dosis de incorporación del extracto de café disminuye la flexibilidad en todas las formulaciones. Además se observa que a menor contenido de alcohol polivinílico mayor flexibilidad presentaron las muestras con valores que van desde 24.21 a 30.13 N. La dosis 50/50 de almidón y alcohol polivinílico presentaron una flexibilidad más estable con valores que van 20.49 a 22.74 N.

**Tabla 2**

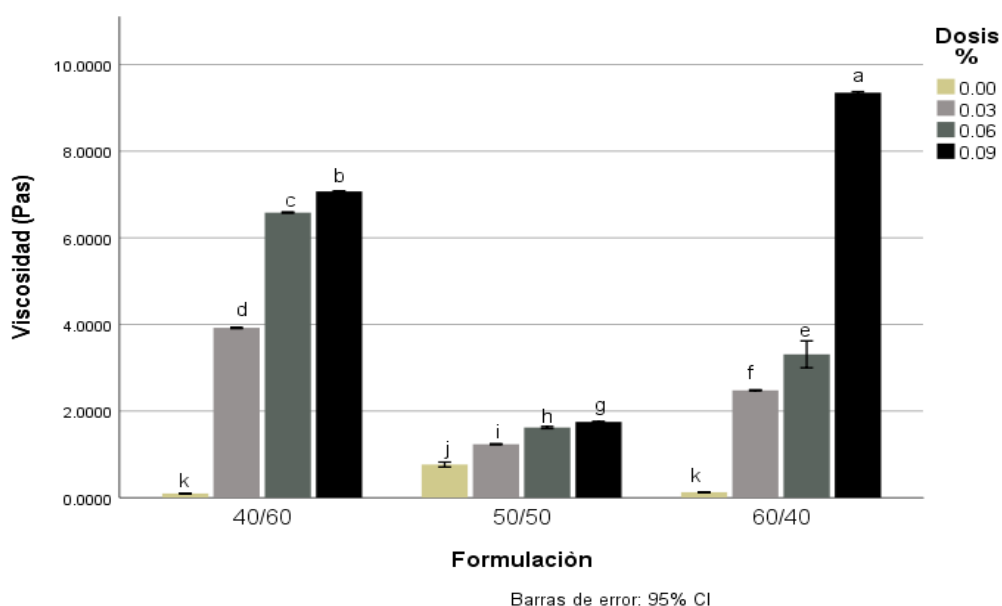
*Espesor, flexibilidad de las películas bioactivas*

Tratamientos	Dosis	Espesor (mm)	Flexibilidad (N)
40-60	0	0.01±0.00 <sup>a</sup>	30.13±0.01 <sup>a</sup>
	0.03	0.09±0.02 <sup>b</sup>	28.47±16.11 <sup>b</sup>
	0.06	0.09±0.01 <sup>c</sup>	24.27±10.27 <sup>c</sup>
	0.09	0.10±0.01 <sup>c</sup>	24.21±11.1 <sup>c</sup>
50-50	0	0.06±0.39 <sup>a</sup>	21.82±0.01 <sup>c</sup>
	0.03	0.08±0.01 <sup>b</sup>	21.88±4-40 <sup>b</sup>
	0.06	0.08±0.01 <sup>b</sup>	22.74±6.10 <sup>d</sup>
	0.09	0.08±0.01 <sup>b</sup>	20.49±3.48 <sup>a</sup>
60-40	0	0.08±0.01 <sup>b</sup>	12.85±0.01 <sup>d</sup>
	0.03	0.12±0.02 <sup>a</sup>	24.94± 3.15 <sup>c</sup>
	0.06	0.12±0.01 <sup>a</sup>	22.85±6.60 <sup>b</sup>
	0.09	0.12±0.01 <sup>a</sup>	24.12±8.21 <sup>a</sup>

Nota. Valores expresados como promedio ± desviación estándar por cada muestra los análisis fueron analizados por formulación, las letras diferentes muestran diferencia significativa, según la prueba univariado tukey comparando las medias ( $P < 0.05$ ).

### C. Viscosidad

La viscosidad juega un papel fundamental en la uniformidad, la resistencia mecánica y la extensión de las películas bioactivas. En la investigación se observa que la viscosidad aumenta a medida que se incrementa la adición del extracto de café de 0.12 a 0.96 Pas.s (Figura 1). Las formulaciones de 50/50 de almidón y alcohol polivinílico tienden a presentar la menor viscosidad presentando un comportamiento no newtoniano, se observa que en la formulación 40/60 de almidón y alcohol presentan mayor viscosidad en comparación con los demás tratamientos



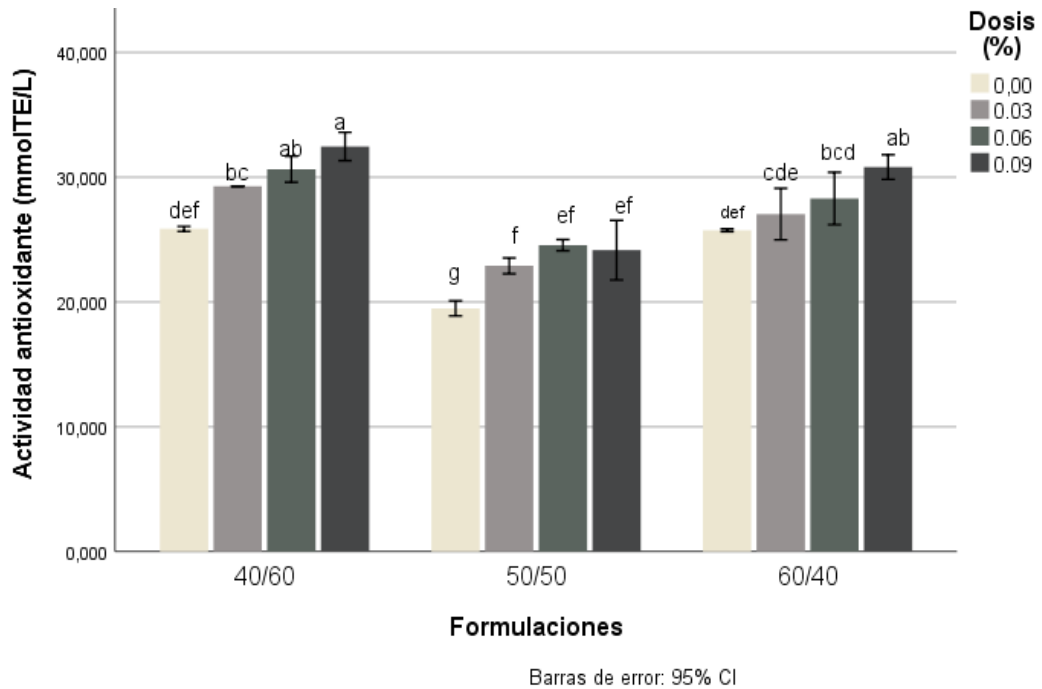
evaluados.

**Figura 1.** Viscosidad de películas bioactivas.

### D. Capacidad antioxidante

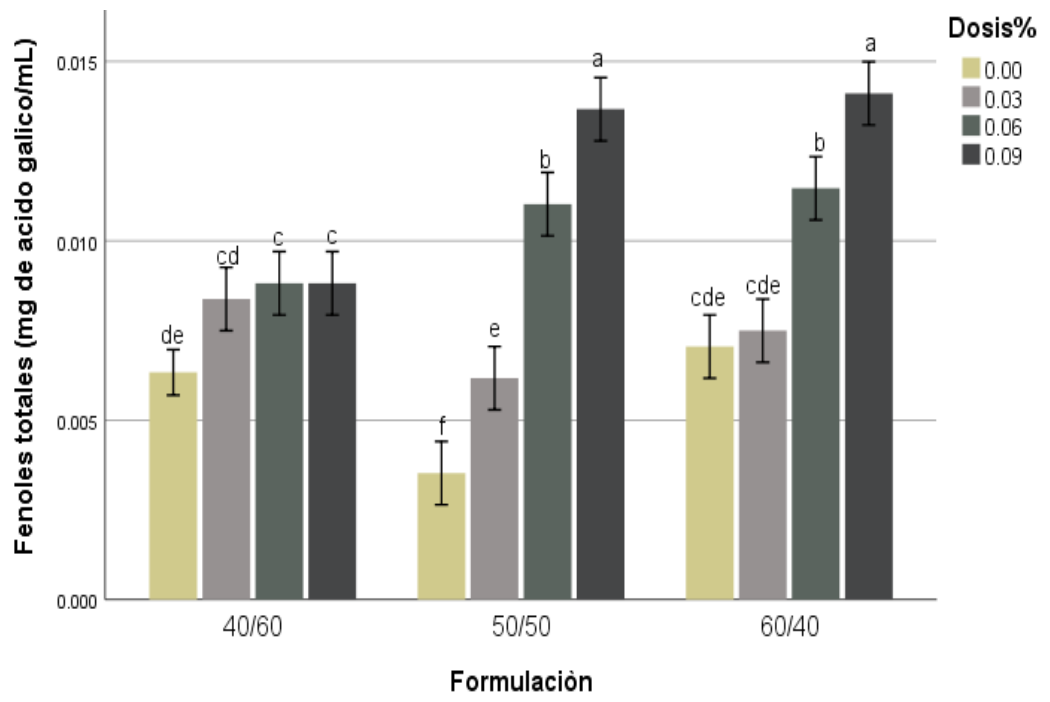
La capacidad antioxidante se incrementó significativamente en los tratamientos con respecto al control. Así mismo, se observó diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ). La formulación 60/40 almidón – alcohol polivinílico alcanzó mayor capacidad antioxidante con  $32.46 \pm 0.80$  mmTE/L mayor a los demás tratamientos. Evidentemente, se observa que existe un efecto directo sobre el contenido de compuestos antioxidantes por la adición de los extractos de café. La incorporación de 0.09% de adición de extracto de café aumentó la capacidad antioxidante en las formulaciones con respecto al control.

**Figura 2: Capacidad antioxidante de los bioplásticos bioactivos.**



### **E. Fenoles**

Mediante la incorporación de extractos de café aumentó los fenoles totales significativamente ( $p < 0,05$ ) en todos los tratamientos con respecto al control. Así mismo, se observa que la formulación 40/60 presento menos cambios de acuerdo a la dosis añadida con respecto a los otros tratamientos. El tratamiento 60/40 almidón -alcohol polivinílico mostro una tendencia más estable con respecto a los demás tratamientos. En la formulación 50/50 almidón – alcohol polivinílico presento una clara diferenciación entre las dosis de adición de los compuestos bioactivos. Además, el aumento de la adición de compuestos bioactivos aumento el contenido fenólico de las películas bioactivas. Este comportamiento se atribuye a la composición de la matriz añadida a las películas.



**Figura 3. Fenoles totales de bioplásticos bioactivos.**

#### IV. DISCUSIÓN

La humedad de las películas bioactivas varía de acuerdo a la formulación trabajada Dai et al. (2022) encontraron resultados similares a nuestra investigación, donde el contenido de humedad aumenta a medida que se incrementa la dosis de celulosa. Este comportamiento se debe a la composición del café, ya que algunos de los compuestos fenólicos limitan las interacciones de los grupos hidroxilos y las moléculas de agua, lo que genera un menor contenido de agua (Lauriano-Souza et al, 2017). Por lo que, los compuestos del café interactúan con los grupos amino e hidroxilo del almidón, reduciendo la absorción de agua. También sabemos que cuando menor la humedad de la película es menos susceptible al crecimiento de mohos, estos podrían afectar la apariencia y las propiedades mecánicas del bioplástico. El alto contenido de humedad promueve la actividad metabólica más rápida de los microorganismos (Azmin et al., 2020). A una humedad de 8.01% es la más adecuada para ser aplicado como material de envasado de alimentos (Battulga et al., 2022).

La actividad de agua es una propiedad interrelacionada de las películas bioactivas, la actividad de agua es la humedad en equilibrio de un producto, determinada por la presión parcial del vapor de agua en su superficie. El valor  $a_w$  depende de la composición, la temperatura y el contenido en agua del producto, este parámetro tiene incidencia sobre las características de calidad, tales como la textura, sabor, el color, el gusto, el valor nutricional del producto y su tiempo de conservación. En la investigación encontraron valores de actividad de agua que van desde 0.51 a 0.62 lo cual en ese rango los microorganismos no se multiplican (Bellaver et al., 2023). Concordando con los resultados encontrados por More et al. (2022). Donde encontraron valores que van desde 0.55 a 0.60 (Tabla 1) por lo que se puede considerar el envase para ser utilizado en matrices secas como granos, harinas.

La solubilidad en agua de las películas bioactivas se observó una mayor solubilidad en las películas bioactivas debido a mayor cantidad de plastificante, al mismo tiempo la menor solubilidad se debe a la naturaleza hidrófoba de los compuestos fenólicos (Munir et al., 2019). Además, la adición de extractos bioactivos de café mostrando un valor más bajo de solubilidad en agua. Investigadores Munir et al. (2019) prepararon una biopelícula a base de almidón de mandioca que mostró



una menor solubilidad debido a la adición de surfactante, y otros autores explicaron la baja solubilidad del extracto de cáscara de granada agregado a la película. Del mismo modo, desarrollaron una película comestible utilizando una nanoemulsión de aceite esencial de *Zataria multiflora*, esta presentó una reducción de la solubilidad en agua debido a la naturaleza lipofílica de los aceites esenciales. Por lo tanto, se puede confirmar que el enriquecimiento de las películas bioactivas aumenta la manejabilidad de las biopelículas en emersión en agua además de su solubilidad e hinchamiento (Li et al., 2018).

El espesor es una propiedad física de importancia en las películas fundamental de las películas y recubrimientos porque afecta el color, las características mecánicas y las propiedades de barrera frente a la penetración del vapor de agua y otros gases. Por lo tanto se puede decir que este parámetro influye en la vida útil de los productos envasados (Erfanifar et al., 2023), además el espesor es un parámetro importante para evaluar la resistencia del polímero según (Sachdeva et al., 2017) el espesor de la película tiene un efecto directo en características como la opacidad, la resistencia a la tracción (Maran et al., 2013). En nuestros estudios a medida que se incrementa la concentración de adición de extractos bioactivos se incrementa el espesor de la película bioactiva estudios mencionan que este incremento se debe al contenido total de sólidos de la película después del proceso de secado que conduce a la formación de una película más gruesa (Dashipour et al., 2015). También se obtuvieron resultados similares para películas de semillas de membrillo que contienen aceite esencial de orégano y de aceite esencial de canela (Han et al., 2018).

Las películas bioactivas con extractos de café deben de mantener las propiedades texturales de los alimentos y deben ser lo suficiente resistentes para soportar el peso de los alimentos o la carga que se pondrá en el envase (Kanatt et al., 2012). Investigaciones mencionan que la incorporación de otras matrices alimentarias o productos podría afectar el alargamiento a la rotura de la película bioactiva, (Shahbazi, 2017). Por otro lado, la formación de enlaces de hidrógeno entre el quitosano, la celulosa y el glicerol provocó un aumento en el alargamiento en la ruptura de la biopelícula Pratiwi et al. (2017). La flexibilidad es un parámetro muy importante para la elaboración de películas bioactivas, esta propiedad está relacionada con la estructura química de la película en la investigación se encontró

que ésta varía de acuerdo a los tratamientos y a dosis de extracto añadido, dependiendo de las características que se busquen en la película, pueden agregarse diferentes aditivos para mejorar estas propiedades, por ejemplo una película elaborada con gelatina y adicionada con  $\alpha$ -tocoferol reduce la elongación, debido a que la interacción de ambos compuestos disminuye el movimiento de las macromoléculas en la película (Han et al., 2018).

Las propiedades reológicas, como la viscosidad y el comportamiento de flujo de las películas bioactivas juegan un papel crucial en la uniformidad, la resistencia mecánica y la capacidad de extensión de las películas compuestas (Hosseini et al., 2021). Las propiedades reológicas, como la viscosidad y el comportamiento de flujo de FFD, juegan un papel crucial en la uniformidad, la resistencia mecánica y la capacidad de extensión de las películas compuestas. Se observó que la viscosidad aparente aumentaba con el aumento de la concentración de MPPE (Tabla 1), El aumento de la viscosidad con la velocidad de cizallamiento podría atribuirse a la alteración en la red compuesta y la cadena del polímero que da como resultado una interacción en la pérdida de enlaces vecinos, lo que lleva a un aumento de la viscosidad (More et al., 2022). Aparentemente, la disminución de la viscosidad podría atribuirse a una alteración en la red compuesta y la cadena del polímero que da como resultado una interacción en la pérdida de enlaces vecinos, lo que lleva a una disminución de la viscosidad (Hosseini et al., 2021).

La incorporación de extractos naturales en películas poliméricas ha estado en el punto de mira de muchas investigaciones de envases activos para alimentos en los últimos años y varios autores han incorporado extractos de romero a películas biodegradables (Gómez-Estaca et al., 2009). Las películas bioactivas muestran cierta actividad antioxidante y también se informaron fenómenos similares en otra literatura, también estudios que desarrollaron películas de almidón bioactivo extracto de aceite de romero, muestran que la actividad antioxidante de romero permanecieron en las películas sin perder su actividad (Estevez-Areco et al., 2019). En la Fig 2 se observa que a medida que aumenta la incorporación de los extractos bioactivos la actividad antioxidante y los fenoles tienden a aumentar en comparación con el control. Estudios donde trabajaron con aceites esenciales encontraron que a medida que se incrementa la incorporación de aceite esencial a

las películas bioactivas la capacidad antioxidante y los fenoles tienden a aumentar (Gaspar et al., 2022). Otro estudio, se trabajó con la elaboración de películas bioactivas con quitosano que contienen aceite esencial de hierba de limón (*Cymbopogon citratus*) mostraron una aplicación potencial como mascarillas antioxidantes y antimicrobianas para la piel, estas películas sirbieron como fuente de compuestos antioxidantes y antimicrobianos (Gaspar et al., 2022).

## V. CONCLUSIONES

La búsqueda de mejoras en la conservación de los productos y la extensión de la vida útil condujo al desarrollo de películas biodegradables basadas en la incorporación de extractos de compuestos bioactivos de café y ver como estos compuestos bioactivos afectan a las propiedades fisicoquímicas y bioactivas de las películas. Las muestras presentaron buena flexibilidad, elevada resistencia al agua, color y alto poder antioxidante y fenólico. También se observó a mayor dosis de adición de extracto de café (0.09%) alcanzó mayor capacidad antioxidante y mayor contenido fenólico produciendo una película con mayor y mejores propiedades mecánicas, como la resistencia al agua, mayor flexibilidad y resistencia al rompimiento, lo que sugiere su posible uso potencial como envase activo contra la oxidación de los alimentos envasados como frutas deshidratadas, frutos secos y así poder mejorar la vida útil de los productos.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda realizar más investigaciones en el tema de los biopolímeros ya que tenemos un grave problema ambiental que debemos atenuar, ya que nos ayuda a mejorar las posibilidades de eliminación y reciclaje de residuos al final de la vida útil de los productos.

Se recomienda realizar más ensayos sobre el desarrollo de películas bioactivas utilizando diferentes extractos de las plantas aromáticas como hierbaluisa, anís, muña, ajeno entre otros que podrían usarse como agentes portadores de muchos tipos de aditivos, como agentes antimicrobianos, para retrasar o prevenir el crecimiento de microorganismos en la superficie de los productos y, por lo tanto, prolongar la vida útil y mejorar la seguridad de los alimentos envasados.

Se recomienda aplicar los mejores tratamientos en la aplicación de frutas con la finalidad de prolongar la vida útil, manteniendo intacta la calidad organoléptica.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acquavia, M., Pascale, R., Martelli, G., Bondoni, M., & Bianco, G. (2021). Natural Polymeric Materials: A Solution to Plastic Pollution from the Agro-Food Sector. *Polymers*, *13*(1), 158. <https://doi.org/10.3390/polym13010158>
- Aguiar, G. P. S., Arcari, B. D., Chaves, L. M. P. C., Magro, C. D., Boschetto, D. L., Piato, A. L., Lanza, M., & Oliveira, J. V. (2018). Micronization of trans-resveratrol by supercritical fluid: Dissolution, solubility and in vitro antioxidant activity. *Industrial Crops and Products*, *112*, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.11.008>
- Azmin, S. N. H. M., Hayat, N. A. binti M., & Nor, M. S. M. (2020). Development and characterization of food packaging bioplastic film from cocoa pod husk cellulose incorporated with sugarcane bagasse fibre. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, *5*(4), 248–255. <https://doi.org/10.1016/j.jobab.2020.10.003>
- Battulga, B., Kawahigashi, M., & Oyuntsetseg, B. (2022). Characterization of biofilms formed on polystyrene microplastics (PS-MPs) on the shore of the Tuul River, Mongolia. *Environmental Research*, *212*, 113329. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113329>
- Bayram, B., Ozkan, G., Kostka, T., Capanoglu, E., & Esatbeyoglu, T. (2021). Valorization and application of fruit and vegetable wastes and by-products for food packaging materials. *Molecules*, *26*(13). <https://doi.org/10.3390/molecules26134031>
- Bellaver, P., Schaeffer, A. F., Leitao, C. B., Rech, T. H., & Nedel, W. L. (2023). Association between neuromuscular blocking agents and the development of intensive care unit-acquired weakness (ICU-AW): A systematic review with meta-analysis and trial sequential analysis. *Anaesthesia Critical Care & Pain Medicine*, *42*(3), 101202. <https://doi.org/10.1016/j.accpm.2023.101202>
- Borah, P. P., Das, P., & Badwaik, L. S. (2017). Ultrasound treated potato peel and sweet lime pomace based biopolymer film development. *Ultrasonics Sonochemistry*, *36*, 11–19. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.11.010>

- Cadena, T., & Herrera, M. (2008). Evaluación Del Efecto Del Procesamiento Del Cacao Sobre El Contenido De Polifenoles Y Su Actividad Antioxidante. *Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Química*, 73.
- Cai, W., & Li, G. (2018). The drivers of eco-innovation and its impact on performance: Evidence from China. *Journal of Cleaner Production*, 176, 110–118. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.109>
- Chen, S., Wu, M., Lu, P., Gao, L., Yan, S., & Wang, S. (2020). Development of pH indicator and antimicrobial cellulose nanofibre packaging film based on purple sweet potato anthocyanin and oregano essential oil. *International Journal of Biological Macromolecules*, 149, 271–280. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.01.231>
- Chowdhury, M., Hossain, N., Noman, T. I., Hasan, A., Shafiul, A., & Mohammad Abul, K. (2022). Biodegradable, physical and microbial analysis of tamarind seed starch infused eco-friendly bioplastics by different percentage of Arjuna powder. *Results in Engineering*, 13, 100387. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100387>
- Coelho, G. O., Batista, M. J. A., Ávila, A. F., Franca, A. S., & Oliveira, L. S. (2021). Development and characterization of biopolymeric films of galactomannans recovered from spent coffee grounds. *Journal of Food Engineering*, 289, 110083. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110083>
- Dai, W., Zhou, L., Gu, S., Wang, W., Xu, Z., Zhou, X., & Ding, Y. (2022). Preparation and characterization of chitosan films incorporating epigallocatechin gallate: Microstructure, physicochemical, and bioactive properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 211, 729–740. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.04.226>
- Dashipour, A., Razavilar, V., Hosseini, H., Shojaee-Aliabadi, S., German, J. B., Ghanati, K., Khakpour, M., & Khaksar, R. (2015). Antioxidant and antimicrobial carboxymethyl cellulose films containing Zataria multiflora essential oil. *International Journal of Biological Macromolecules*, 72, 606–613. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2014.09.006>
- Efraim, P., Pezoa-García, N. H., Jardim, D. C. P., Nishikawa, A., Haddad, R., & Eberlin, M. N. (2010). Influência da fermentação e secagem de amêndoas de cacau no teor

- de compostos fenólicos e na aceitação sensorial. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 30, 142–150. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612010000500022>
- Erfanifar, Z., Majdinasab, M., & Shaghaghian, S. (2023). Production and characterization of sage seed gum bioactive film containing *Zataria multiflora* essential oil nanoemulsion. *Food Chemistry*, 408, 134871. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134871>
- Estevez-Areco, S., Guz, L., Famá, L., Candal, R., & Goyanes, S. (2019). Bioactive starch nanocomposite films with antioxidant activity and enhanced mechanical properties obtained by extrusion followed by thermo-compression. *Food Hydrocolloids*, 96, 518–528. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.05.054>
- Gaspar, A. L., Gaspar, A. B., Contini, L. R. F., Silva, M. F., Chagas, E. G. L., Bahú, J. O., Concha, V. O. C., Carvalho, R. A., Severino, P., Souto, E. B., Lopes, P. S., & Yoshida, C. M. P. (2022a). Lemongrass (*Cymbopogon citratus*)-incorporated chitosan bioactive films for potential skincare applications. *International Journal of Pharmaceutics*, 628, 122301. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2022.122301>
- Gaspar, A. L., Gaspar, A. B., Contini, L. R. F., Silva, M. F., Chagas, E. G. L., Bahú, J. O., Concha, V. O. C., Carvalho, R. A., Severino, P., Souto, E. B., Lopes, P. S., & Yoshida, C. M. P. (2022b). Lemongrass (*Cymbopogon citratus*)-incorporated chitosan bioactive films for potential skincare applications. *International Journal of Pharmaceutics*, 628, 122301. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2022.122301>
- Gómez-Estaca, J., Bravo, L., Gómez-Guillén, M. C., Alemán, A., & Montero, P. (2009). Antioxidant properties of tuna-skin and bovine-hide gelatin films induced by the addition of oregano and rosemary extracts. *Food Chemistry*, 112(1), 18–25. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.05.034>
- Han, Y., Yu, M., & Wang, L. (2018). Physical and antimicrobial properties of sodium alginate/carboxymethyl cellulose films incorporated with cinnamon essential oil. *Food Packaging and Shelf Life*, 15, 35–42. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2017.11.001>
- Hosseini, S. F., Ghaderi, J., & Gómez-Guillén, M. C. (2021). trans-Cinnamaldehyde-doped quadripartite biopolymeric films: Rheological behavior of film-forming



- solutions and biofunctional performance of films. *Food Hydrocolloids*, 112, 106339. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106339>
- Kanatt, S. R., Rao, M. S., Chawla, S. P., & Sharma, A. (2012). Active chitosan–polyvinyl alcohol films with natural extracts. *Food Hydrocolloids*, 29(2), 290–297. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.03.005>
- Karimi Sani, I., Masoudpour-Behabadi, M., Alizadeh Sani, M., Motalebinejad, H., Juma, A. S. M., Asdagh, A., Eghbaljoo, H., Khodaei, S. M., Rhim, J.-W., & Mohammadi, F. (2023). Value-added utilization of fruit and vegetable processing by-products for the manufacture of biodegradable food packaging films. *Food Chemistry*, 405, 134964. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134964>
- Li, J., Ye, F., Lei, L., & Zhao, G. (2018). Combined effects of octenylsuccination and oregano essential oil on sweet potato starch films with an emphasis on water resistance. *International Journal of Biological Macromolecules*, 115, 547–553. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.04.093>
- Lillah, Asghar, A., Pasha, I., Murtaza, G., & Ali, M. (2017). Improving heat stability along with quality of compound dark chocolate by adding optimized cocoa butter substitute (hydrogenated palm kernel stearin) emulsion. *LWT*, 80, 531–536. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.02.042>
- Marsh, K., & Bugusu, B. (2007). Food Packaging?Roles, Materials, and Environmental Issues. *Journal of Food Science*, 72(3), R39–R55. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00301.x>
- More, P. R., Pegu, K., & Arya, S. S. (2022a). Development and characterization of taro starch-casein composite bioactive films functionalized by micellar pomegranate peel extract (MPPE). *International Journal of Biological Macromolecules*, 220, 1060–1071. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.08.147>
- More, P. R., Pegu, K., & Arya, S. S. (2022b). Development and characterization of taro starch-casein composite bioactive films functionalized by micellar pomegranate peel extract (MPPE). *International Journal of Biological Macromolecules*, 220, 1060–1071. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.08.147>
- More, P. R., Pegu, K., & Arya, S. S. (2022c). Development and characterization of taro starch-casein composite bioactive films functionalized by micellar pomegranate peel

- extract (MPPE). *International Journal of Biological Macromolecules*, 220, 1060–1071. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.08.147>
- More, P. R., Pegu, K., & Arya, S. S. (2022d). Development and characterization of taro starch-casein composite bioactive films functionalized by micellar pomegranate peel extract (MPPE). *International Journal of Biological Macromolecules*, 220, 1060–1071. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.08.147>
- More, P. R., Pegu, K., & Arya, S. S. (2022e). Development and characterization of taro starch-casein composite bioactive films functionalized by micellar pomegranate peel extract (MPPE). *International Journal of Biological Macromolecules*, 220, 1060–1071. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.08.147>
- More, P. R., Pegu, K., & Arya, S. S. (2022f). Development and characterization of taro starch-casein composite bioactive films functionalized by micellar pomegranate peel extract (MPPE). *International Journal of Biological Macromolecules*, 220, 1060–1071. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.08.147>
- Munir, S., Hu, Y., Liu, Y., & Xiong, S. (2019). Enhanced properties of silver carp surimi-based edible films incorporated with pomegranate peel and grape seed extracts under acidic condition. *Food Packaging and Shelf Life*, 19, 114–120. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.12.001>
- Oliveira, N. A. de, Cornelio-Santiago, H. P., Fukumasu, H., & Oliveira, A. L. de. (2018). Green coffee extracts rich in diterpenes – Process optimization of pressurized liquid extraction using ethanol as solvent. *Journal of Food Engineering*, 224, 148–155. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.12.021>
- Ozkan, G., Franco, P., De Marco, I., Xiao, J., & Capanoglu, E. (2019). A review of microencapsulation methods for food antioxidants: Principles, advantages, drawbacks and applications. *Food Chemistry*, 272, 494–506. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.205>
- Prakash Maran, J., Sivakumar, V., Sridhar, R., & Prince Immanuel, V. (2013). Development of model for mechanical properties of tapioca starch based edible films. *Industrial Crops and Products*, 42, 159–168. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.05.011>

- Pratiwi, R., Rahayu, D., & Barliana, M. I. (2017). *Characterization of Bioplastic from Rice Straw Cellulose*.
- Rizwan, M., Gilani, S. R., Durrani, A. I., & Naseem, S. (2021). Cellulose extraction of *Alstonia scholaris*: A comparative study on efficiency of different bleaching reagents for its isolation and characterization. *International Journal of Biological Macromolecules*, *191*, 964–972. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.09.155>
- Sachdeva, A., Vashist, S., Chopra, R., & Puri, D. (2017). *Actividad antimicrobiana de la película de envasado activa para evitar el deterioro del pan*.
- Shahbazi, Y. (2017). The properties of chitosan and gelatin films incorporated with ethanolic red grape seed extract and *Ziziphora clinopodioides* essential oil as biodegradable materials for active food packaging. *International Journal of Biological Macromolecules*, *99*, 746–753. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.03.065>
- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, *299*, 152–178. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
- Wang, X., Yong, H., Gao, L., Li, L., Jin, M., & Liu, J. (2019). Preparation and characterization of antioxidant and pH-sensitive films based on chitosan and black soybean seed coat extract. *Food Hydrocolloids*, *89*, 56–66. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.10.019>
- Xie, Q., Liu, G., Zhang, Y., Yu, J., Wang, Y., & Ma, X. (2022). Active edible films with plant extracts: a updated review of their types, preparations, reinforcing properties, and applications in muscle foods packaging and preservation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1–23. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2092058>

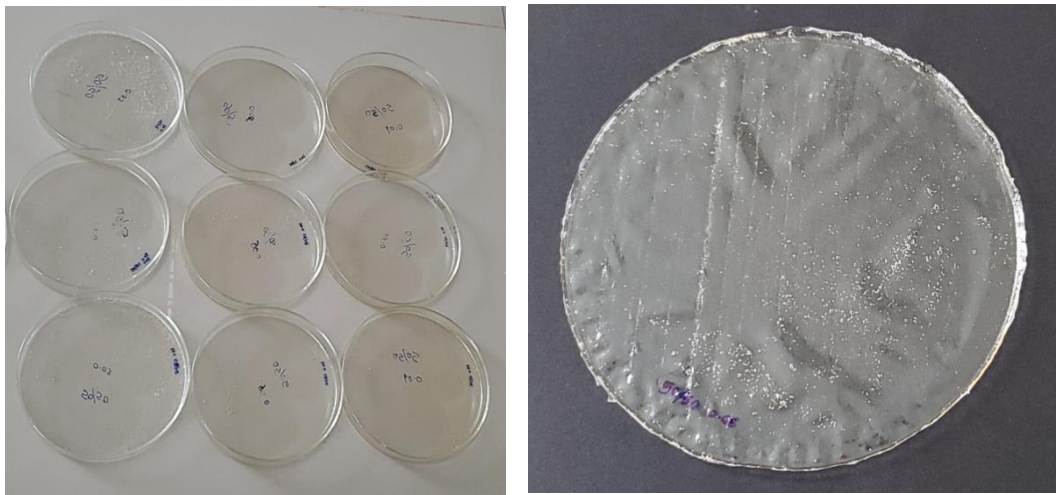
## ANEXOS

### A. Elaboración de las películas bioactivas con adición de extractos de café



**Figura 4.** Preparación del almidón, glicerol y alcohol polivinílico para la película bioactiva

### B. Moldeado de las películas bioactivas en placas Petri



**Figura 5.** Moldeado de las películas bioactivas en placas Petri

### C. Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de las películas bioactivas



**Figura 6.** Evaluación de la humedad de la película bioactiva

### D. Evaluación de flexibilidad de las películas bioactivas



**Figura 7.** Evaluación de la flexibilidad de las películas bioactivas