

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



TESIS

**“CARACTERÍSTICAS DE UN BIOPLÁSTICO CON
PROPIEDADES ANTIOXIDANTES A PARTIR DE QUITOSANO
Y EXTRACTO VEGETAL”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTADO POR

CELSO EBERTH, QUINTANILLA CABEZAS

ASESOR

ING. LUIS AMÉRICO CARRASCO VENEGAS

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA















CALLAO – PERÚ

2023

Document Information

Analyzed document	1. TESIS - QUINTANILLA CABEZAS.pdf (D163881807)
Submitted	2023-04-13 22:47:00
Submitted by	
Submitter email	fiq.investigacion@unac.edu.pe
Similarity	5%
Analysis address	fiq.investigacion.unac@analysis.arkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/1177/T_811.pdf?sequence=1&isAllowed=y Fetched: 2023-04-13 22:48:00		3
W	URL: http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v85n2/a08v85n2.pdf Fetched: 2023-04-13 22:48:00		2
SA	TFG 1.pdf Document TFG 1.pdf (D149964397)		3
W	URL: https://rinacional.tecnm.mx/bitstream/TecNM/3896/1/Kenia%20Concepcion%20del%20Roc%C3%ADo%20Can... Fetched: 2023-04-13 22:48:00		2
SA	Tesis celulosa-quitosano-alginato (2).pdf Document Tesis celulosa-quitosano-alginato (2).pdf (D135941549)		7
W	URL: http://repositorio.upads.edu.pe/handle/UPADS/279 Fetched: 2023-04-13 22:48:00		2
SA	Tesis. J. Monar.docx Document Tesis. J. Monar.docx (D33697709)		6
W	URL: https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/8993/Cerquera_Gonzales_Antony_D... Fetched: 2023-04-13 22:48:00		3
W	URL: https://doc.contraloria.gob.pe/portal_ecoeficiencia/Diapositivas_y_Documentos_de_Interes/Consu... Fetched: 2023-04-13 22:48:00		1
SA	AVANCE 6 TESIS AJS.docx Document AVANCE 6 TESIS AJS.docx (D129804946)		1
W	URL: https://www.medigraphic.com/pdfs/revespciequibio/cqb-2018/cqbs182c.pdf Fetched: 2023-04-13 22:49:00		2
W	URL: https://www.culturaydeporte.gob.es/dam/jcr:d7cb6b8e-3c5f-41d4-8726-6894ea9ea575/factrespexpirein... Fetched: 2023-04-13 22:49:00		1
W	URL: https://www.fiq.unl.edu.ar/institucional/wp-content/uploads/sites/3/2021/08/Meira-y-Gugliotta_... Fetched: 2023-04-13 22:49:00		1
SA	Katherine Pazmiño.pdf Document Katherine Pazmiño.pdf (D111000686)		2

PRÓLOGO DEL JURADO

La presente Tesis fue sustentada por el Bachiller **QUINTANILLA CABEZAS CELSO EBERTH** ante el Jurado de Sustentación de Tesis conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

ING° PABLO BELIZARIO DIAZ BRAVO	Presidente
ING° LEONARDO FELIX MACHACA GONZALES	Secretario
ING° SANTOS PANTALEÓN RODRIGUEZ CHUQUIMANGO	Vocal
ING° LUIS AMERICO CARRASCO VENEGAS	Asesor

Tal como está asentado en el Libro de actas N° 01 Folio N° 113 y Acta N° 112 de fecha 29 de abril del 2023, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico en la Modalidad de Tesis con Ciclo de Tesis, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Callao, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 099-2021-CU del 30 de junio de 2021

INFORMACIÓN BÁSICA

FACULTAD : Ingeniería Química

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN : De la Facultad de Ingeniería Química

TÍTULO : Características de un bioplástico con propiedades antioxidantes a partir de quitosano y extracto vegetal

AUTOR:

Celso Eberth, Quintanilla Cabezas

CÓDIGO ORCID: 0000-0003-0558-6832

D.N.I.: 43288913

ASESOR:

Ing. Luis, Carrasco Venegas

CÓDIGO ORCID: 0000-0002-7832-3366

D.N.I.: 25825871

LUGAR DE EJECUCIÓN: Universidad Nacional del Callao – Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Química – Bellavista, Callao

UNIDAD DE ANÁLISIS: Películas de bioplástico a partir de quitosano y extracto vegetal

TIPO / ENFOQUE / DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:

Aplicada / Cuantitativo / Experimental

TEMA OCDE: 2.04.02 Ingeniería de procesos

DEDICATORIA

Este esfuerzo está dedicado a Dios y a mis padres por su apoyo incondicional y motivación en mi etapa de formación profesional, por sus consejos, y enseñanzas que me permitieron hacer frente a cualquier dificultad.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	4
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN.....	11
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	13
1.2. Formulación del problema.....	14
1.2.1. Problema general.....	14
1.2.2. Problemas específicos	14
1.3. Objetivos (General y Específicos).....	14
1.3.1. Objetivo general	14
1.3.2. Objetivos específicos	14
1.4. Justificación	15
1.5. Delimitantes de la investigación (Teórico, Temporal y Espacial).....	15
1.5.1. Teórico.....	15
1.5.2. Temporal.....	15
1.5.3. Espacial	16
II. MARCO TEÓRICO.....	17
2.1. Antecedentes: Internacional y Nacional	17
2.2. Bases teóricas	20
2.3. Marco conceptual	29
2.4. Definición de términos.....	31
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	33

3.1. Hipótesis.....	33
3.1.1 Operacionalización de variable.....	33
IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO.....	35
4.1. Diseño metodológico.....	35
4.2. Método de investigación.....	36
4.3. Población y muestra.....	50
4.4. Lugar de estudio y periodo de desarrollo.....	51
4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.....	51
4.6. Análisis y procesamiento de datos.....	53
4.7. Aspectos éticos de la investigación.....	53
V. RESULTADOS.....	54
5.1 Resultados descriptivos.....	54
5.2 Resultados inferenciales.....	56
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	67
6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.....	67
6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares.....	68
6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes.....	68
VII. CONCLUSIONES.....	69
VIII. RECOMENDACIONES.....	70
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
ANEXOS.....	82
ANEXO 1 Matriz de consistencia.....	83
ANEXO 2 Ensayo de laboratorio Slab.....	84
ANEXO 3 Datos obtenidos de espesor de bioplástico.....	86
ANEXO 4 Datos obtenidos de opacidad.....	87
ANEXO 5 Datos obtenidos de humedad.....	88
ANEXO 6 Datos obtenidos de solubilidad.....	89
ANEXO 7 datos obtenidos de densidad y %CRA.....	90

ANEXO 8 Datos de Fuerza de rotura y resistencia a la tracción.....	91
ANEXO 9 Datos de coeficientes de vapor de agua	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ventajas y desventajas de los bioplásticos	23
Tabla 2 Clasificación general de compuestos fenólicos.....	28
Tabla 3 Contenido de antocianinas por cada 100g de producto.....	29
Tabla 4 Factores y niveles de investigación	35
Tabla 5 Diseño experimental	35
Tabla 6 Características fisicoquímicas del extracto	36
Tabla 7 Características fisicoquímicas del quitosano atomizado.....	37
Tabla 6 Propiedades fisicoquímicas del bioplástico	54
Tabla 7 Propiedades de transporte del bioplástico	55
Tabla 8 Propiedades mecánicas del bioplástico	55
Tabla 9 Fenoles totales y capacidad antioxidante del bioplástico	56
Tabla 10 Análisis de varianza ANOVA de opacidad	56
Tabla 11 Tabla de medias de opacidad.....	57
Tabla 12 Análisis de varianza ANOVA para humedad.....	59
Tabla 13 Análisis de medias de humedad.....	59
Tabla 14 Análisis de Varianza de solubilidad	61
Tabla 15 Análisis de medias de solubilidad.....	61
Tabla 16 Análisis de varianza %CRA	63
Tabla 17 Análisis de medias de %CRA	63
Tabla 18 Análisis de varianza de WVP	65
Tabla 19 Análisis de medias de WVP	65
Tabla 20 Datos del espesor de los bioplásticos	86
Tabla 21 Datos de opacidad de los bioplásticos	87
Tabla 22 Datos de Humedad de los bioplásticos	88
Tabla 23 Datos de porcentaje de solubilidad de los bioplásticos.....	89
Tabla 24 Datos de densidades y %CRA de los bioplásticos	90

Tabla 25 Datos de fuerza de rotura y resistencia a la tracción	91
Tabla 26 Valores de los coeficientes de vapor de agua y transferencia.....	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Principales fuentes de biopolímeros degradables	23
Figura 2 Estructura química de quitosano.....	25
Figura 3 Estructura química del quitano.....	26
Figura 4 Proceso de obtención del quitano y quitosano	26
Figura 5 Pesado y control de la temperatura con el uso de un termómetro	37
Figura 6 Elaboración de los bioplásticos controlando la temperatura	39
Figura 7 Preparación del bioplásticos a diferentes concentraciones	40
Figura 8 Películas de quitosano a las contenciones de 10%, 15% y 20%.....	40
Figura 9 Identificación de compuestos fenólicos presentes con FeCl ₃	42
Figura 10 Espectro infrarrojo de quitosano	42
Figura 11 Estiramiento de los grupos funcionales O-H	43
Figura 12 Determinacion de la fuerza aplicada para romper el bioplástico	44
Figura 13 Puntos de medición de la película de bioplástico.....	45
Figura 14 Cortado de los bioplásticos y medida de la opacidad	46
Figura 15 Determinación de la solubilidad de las películas plásticas.....	47
Figura 16 Determinación de la capacidad de retención de agua	48
Figura 17 Determinación de la transmisión de vapor de agua	49
Figura 18 Etapas del proceso de elaboración del bioplástico	50
Figura 19 Gráficos de residuos para opacidad	58
Figura 20 Gráfica de efectos principales de Opacidad.....	58
Figura 21 Gráficos de residuos para humedad.....	60
Figura 22 Gráfica de efectos principales para humedad	60
Figura 23 Grafica de residuos de solubilidad.....	62
Figura 24 Grafica de efectos principales.....	62
Figura 25 Gráficos de residuos generales de %CRA	64
Figura 26 Grafica de efectos principales para %CRA	64

Figura 27 Gráficos de residuos de WVP	66
Figura 28 Gráficas de efectos principales para WVP	66

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ATSM:	Sociedad estadounidense para pruebas y materiales
AOAC:	Asociación científica sin fines de lucro
EAG :	Equivalentes de ácido gálico
ET :	equivalentes trolox
WEF :	Foro económico mundial
ONU :	Organización mundial de las naciones unidas
OMS :	Organización mundial de la salud
EU :	Unión europea
CAS :	Resumen de sustancias químicas

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo caracterizar los bioplásticos a base de quitosano aprovechando su propiedad de formar películas y extracto vegetal para mejorar sus propiedades antioxidantes; su elaboración se realizó a diferentes concentraciones y temperaturas por el método de casting a partir quitosano al 2%, disuelto en ácido acético al 2% y extracto de maíz morado al 10%, 15% y 20% en volumen y como agente plastificante se utilizó el glicerol al 25% en base al peso de quitosano, a las temperaturas de 25°C y 50°C, a las cuales se estudiaron sus propiedades fisicoquímicas, mecánicas, de transporte y actividad antioxidante. Los resultados indicaron que las muestras con un 20% de extracto presentan menores valores de humedad de 36,4073%, un mayor contenido de fenoles totales de 68,41 mg AG/L y una influencia positiva en la capacidad antioxidante de 412,23 $\mu\text{mol Trolo} \times /100 \text{ g}$, con una opacidad de 3,6229 nm^{-1} y permeabilidad al vapor de agua de $1,36\text{E}^{-10} \text{ g/hm Pa}$. Concluyendo que las concentraciones influyeron significativamente en la elaboración de los bioplásticos en cuanto a sus propiedades fisicoquímicas y de transporte a diferencia de la temperatura que no influyó de manera significativa.

Palabras claves: bioplástico, quitosano, extracto vegetal, casting, actividad antioxidante.

ABSTRACT

This research aims to characterize chitosan based bioplastics by taking advantage of their film forming properties and vegetable extract to enhance their antioxidant properties; Its elaboration process was carried out at different concentrations and temperatures by the casting method from 2% chitosan, dissolved in 2% acetic acid and purple corn extract at 10%, 15% and 20% (v/v) and as a plasticizing agent 25% (w/w) glycerol-chitosan, at temperatures of 25°C and 50°C, which its physicochemical, mechanical, transport and antioxidant activity properties were studied. The results indicated that the samples with 20% extract present lower humidity values of 36,4073%, a higher content of phenolic compounds of 68,41 mg AG/L and a positive influence on the antioxidant capacity of 412,23 UmoITrolo x/100 g, with an opacity of 3,6229 nm⁻¹ and water vapor permeability of 1,36E – 10 g/hm Pa. Concluding that the concentrations significantly affected the elaboration of bioplastics in terms of their physicochemical and transport properties, unlike the temperature that did not influence significantly.

Keywords: bioplastic, chitosan, vegetable extract, casting, antioxidant activity.

INTRODUCCIÓN

En el último siglo, los plásticos, también conocidos como polímeros, han venido ofreciendo soluciones innovadoras y necesarias para el desarrollo de la sociedad. Al ser un material muy versátil y adaptable en diferentes campos que nos permiten disfrutar de las comodidades del hogar, etc. [1].

A nivel global, el uso más representativo que tienen los plásticos es para envases y embalajes especialmente en la industria de alimentos. La producción de plásticos se puede dividir en dos sectores: el de empresas que usan los derivados de hidrocarburos para producir resinas plásticas y las empresas dedicadas a transformar estas resinas en otros productos plásticos; donde es importante analizar esta última debido a que elaboran productos de alta demanda con un tiempo de vida útil muy corto generando así una crisis por contaminación por plásticos. En Latinoamérica los mayores consumidores per cápita son México y Chile con consumos promedio de 50 Kg de plásticos/habitante al año, seguidos por Argentina y Brasil.

Un estudio de emisiones de elaboración de productos plásticos en Chile estimó una generación de 2,72 Kg de CO₂ por Kg de producto, concluyendo que de continuar la tendencia se podría consumir entre el 10% y 13% del presupuesto del carbono global para el año 2050 [2].

Debido a esta problemática tenemos la necesidad de obtener materiales capaces de reemplazar a los plásticos sintéticos por polímeros naturales de origen vegetal, animal, a base de biomásas, materiales no plásticos reutilizables a base de proteínas y grasas entre otros y de menores tiempos de degradación variando entre días y años [3].

Actualmente se viene extendiendo el uso de bioplásticos en diferentes sectores como biomedicina en uso de hilos de sutura y prótesis, en alimentación y en envases de un solo uso. Al ser producidos con materiales de origen natural como almidones, ligninas de los vegetales y también de origen animal como el quitosano hacen de estos materiales una propuesta sostenible como recurso renovable y amigable con el medio ambiente. Entre estos materiales el

quitosano, al ser uno de los polímeros más abundantes en la naturaleza, de fácil fabricación y no tóxico al ser humano con diferentes propiedades como la de antioxidante debido a que contiene un amino y grupos hidroxilos que pueden reaccionar con los radicales libres donando un átomo de hidrógeno para formar radicales intermediarios estables, lo vuelven un material ideal para el desarrollo de nuevas tecnologías [4].

En la presente investigación se aprovecharán las propiedades del quitosano en el desarrollo de nuevos productos, para formular y evaluar las características de un bioplástico a partir del quitosano y extracto vegetal capaz de mejorar sus propiedades antioxidantes, a partir de los compuestos fenólicos obtenidos de estos extractos vegetales, que son capaces de reducir la oxidación química debido al aire, luz y calor que ocurren en alimentos que aceleran su descomposición, así como también evitando la formación de especies reactivas (ROS) con radicales libres que son causas de enfermedades como cáncer, diabetes y envejecimiento [5].

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

Actualmente la problemática de la contaminación de plásticos se ha vuelto prioridad para las principales entidades globales como la ONU, WEF, EU y la OMS. La atención de las industrias plásticas se centra mayoritariamente en la extracción de materias primas para convertirlas en nuevos productos útiles más que en el reciclaje y la reutilización de los productos; donde los principales usos se dan en los envases de un solo uso. En el 2015 en Europa se observó que los envases de un solo uso fueron el 35,9% del total de la producción, produciéndose 146 millones de toneladas de los cuales 141 millones de toneladas no fueron reciclados. Debido a esta problemática surge la necesidad de plantear el uso de plásticos hechos a partir de materiales renovables o reutilizables dentro de los que destacan materias primas biobasadas [6].

Como respuesta a la problemática de contaminación por plásticos, los gobiernos también se hacen más conscientes implementando políticas para la disminución de la contaminación, por ejemplo, en el caso de Irlanda se registró una disminución considerable en el uso de bolsas plásticas cuando los clientes se vieron obligados al pago por estas bolsas, en Austria los minoristas dejaron de brindar bolsas gratuitas a sus clientes fomentando el uso de bolsas reutilizables [7].

En el Perú según IMARPE el 43,7% de los residuos plásticos no tienen disposición adecuada, el 68% de los residuos son plásticos de un solo uso y sólo el 0.3% es reciclado. Por lo que se han implementado políticas para la regulación de plásticos de un solo uso y envases descartables con la ley N° 30884 [8].

Los plásticos biodegradables no son algo nuevo, pero su uso se viene incrementando sobre todo en el caso de los productos de corta vida útil y extendiéndose a diferentes ramas como la medicina, fabricación de herramientas, en la agricultura, etc. Los cuales pueden fabricarse a partir de recursos renovables o de combustibles fósiles debido a que su biodegradabilidad está en función de su estructura química [9].

En los alimentos, su conservación depende del material de recubrimiento. Como sabemos hoy en día los consumidores demandan alimentos más frescos, por lo que se han ido desarrollando materiales antioxidantes capaces de reducir la oxidación química debido al aire o efectos de luz y calor que ocurre en los alimentos como las grasas que pueden producir especies reactivas (ROS) con radicales libres que están asociadas a causar enfermedades como cáncer, envejecimiento, diabetes [10]

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Como se deberá caracterizar el bioplástico obtenido a partir de quitosano y extracto vegetal?

1.2.2. Problemas específicos

¿De qué manera influyen las cantidades de quitosano y extracto vegetal en la elaboración del bioplástico?

¿De qué manera influye la temperatura en la elaboración del bioplástico?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar las propiedades fisicoquímicas, mecánicas, de transporte, antioxidantes y biodegradabilidad de los bioplásticos obtenidos a partir de quitosano y extracto vegetal.

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar la influencia de la proporción de quitosano y extracto vegetal para la elaboración del bioplástico.

Determinar la temperatura para la elaboración del bioplástico.

1.4. Justificación

Los resultados de la presente investigación aportarán a disminuir el impacto generado por las industrias plásticas a base de petróleo, aprovechando el uso de recursos de fuentes renovables como el quitosano que posee una alta biodegradabilidad y los extractos vegetales que tienen compuestos fenólicos con propiedades antioxidantes, para la elaboración de bioplásticos.

Mejorará la calidad de vida de los consumidores al aumentar el tiempo de vida útil de los productos alimenticios y retrasar la generación de radicales libres y otras reacciones de oxidación capaces de generar enfermedades al ser humano, debido a las propiedades del bioplástico obtenido.

Los resultados obtenidos de esta investigación, también, aportarán información para los futuros trabajos de interés en la industria alimentaria y medio ambiente.

1.5. Delimitantes de la investigación (teórico, temporal y espacial)

1.5.1. Teórico

Esta investigación se enmarcó en el uso de materiales alternativos a los plásticos tradicionales con el fin de disminuir el impacto causado por estos. Uno de estos materiales es el quitosano que posee propiedades biodegradables y antioxidantes que junto con el uso de extractos vegetales con contenidos fenólicos capaces de neutralizar los radicales libres, los vuelven materiales ideales para la fabricación de bioplásticos con esta propiedad antioxidante.

1.5.2. Temporal

La caracterización de los bioplásticos se desarrolló en un periodo de tres meses en función de la disposición de los ambientes y equipos de los laboratorios de la Universidad Nacional del Callao, iniciando en el mes de enero del 2023, y culminó en marzo del mismo año.

1.5.3. Espacial

La parte experimental se llevó a cabo en los ambientes de los laboratorios de la Universidad Nacional del Callao para la evaluación de sus propiedades fisicoquímicas y laboratorio externo para determinar su capacidad antioxidante.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacionales

En la publicación “Chitosan: an overview of its properties and applications”, los autores describieron la composición del quitosano a base de grupos de amino primario (C2) y grupos hidroxilos secundarios (C3, C6), que son responsables de sus propiedades como la solubilidad, la que depende de factores como el peso molecular, el grado de desacetilación (% DD) y del pH, siendo insoluble en medios básicos y soluble en rangos menores a pH 6,5 debido a la gran cantidad de grupos $-NH_2$ en la estructura del quitosano. Explicando sus propiedades antioxidantes por la presencia de grupos hidroxilos que reaccionan atrapando los radicales libres; mencionando también métodos para determinar la actividad antioxidante usando el 2,2-difenil-1-picrilhidracina DPPH por su capacidad de aceptar un átomo de hidrógeno [11].

En: “Biopelículas a base de quitosano como potencial aplicación en empaque de alimentos”, el autor recopiló información sobre las características de diferentes películas plásticas a base de quitosano teniendo en cuenta el tipo de solvente para su elaboración en medios ácidos, la temperatura de fusión del quitosano a $57,8^{\circ}C$, el grado de % DD explicando que a menor grado de % DD disminuye la solubilidad y las concentraciones con otros sólidos como quitosano-ácido acético, quitosano-glicerol y el procedimiento para la elaboración de dichas películas, también se mencionó sus limitantes al ser soluble sólo en medios ácidos y su afinidad con el agua la que produce un hinchamiento de las películas debido a sus grupos polares dándole una textura gelatinosa, lo que resulta en un limitante en el desarrollo de empaques en alimentos con un gran contenido de humedad [12].

En la investigación “Efecto de recubrimientos comestibles a base de quitosano y extractos naturales en la conservación de carne de cerdo”, el autor propuso el uso de recubrimiento en películas a base del quitosano, extracto de tomate y

moringa para la conservación del alimento cárnico que a diferencia de los recubrimientos comestibles que son de aplicación directa en forma líquida, estas películas pueden transformarse en láminas sólidas que a su vez pueden ser utilizados para formar otros tipos de empaques como bolsas plásticas. Describió el método utilizado para caracterizar estas películas plásticas; midió el color con un colorímetro, notando un cambio de color hacia el rojo y disminución del brillo luego de la adición de los extractos de tomate y moringa ($6,34 \pm 0,66$ cd Ann-1) debido al licopeno en el tomate en comparación a la muestra control ($1,69 \pm 0,56$ a Ann-1), el espesor aumentó al adicionar el extracto de tomate ($0,098 \pm 0,023$ a mm) en comparación a la muestras patrón (0,0048 y 0,105 mm), pero disminuyó al adicionar ambos extractos al mismo tiempo ($0,065 \pm 0,019$ cd nm), la medida de la opacidad demostró que las muestras con extracto disminuyeron la transmisión de la luz (300–400 nm de longitud de onda) en comparación con la muestra control de (200–800 nm), La permeabilidad al vapor de agua disminuyó en la muestra con mayor contenido de quitosano luego de adicionar el extracto de tomate en comparación con la muestra control, en la muestra con menor contenido de quitosano se observó un incremento del PVA [13].

En la investigación “Estimación de la actividad antioxidante de extractos vegetales”, los autores muestran el procedimiento para la elaboración del extracto y la obtención de los metabolitos secundarios presentes en diferentes especies vegetales (guayaba, níspero, mezquite, chaya y té verde), utilizaron tres reactivos H_2SO_4 , NH_4OH y $NaOH$, y muestras de 1ml del extracto, adicionando dos gotas de cada reactivo para identificar la presencia de los diferentes metabolitos (flavonas, flavonoides, dihidroflavonas, chalconas y antocianinas) por la coloración característica. Para medir la actividad antioxidante usaron el reactivo ácido 2,2-azino-bis-(3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico) ABTS en volúmenes iguales con una solución de persulfato potásico en medio sin luz para que reacción luego de 12 – 16 h, para posteriormente diluirlo en metanol al 75%. Las muestras fueron medidas a rangos de 470 – 735 nm, a su vez las curvas de calibración fueron realizadas utilizando quercetina y ácido gálico como estándares, concluyendo que la especie analizada con mayor actividad antioxidante fue la guayaba con 95,3591% que presenta dos clases de

metabolitos secundarios (flavonoides y flavonas) responsables de su propiedad antioxidante [14].

2.1.2. Nacionales

En la investigación “Influencia de la temperatura y concentración de quitosano en la producción de películas biodegradables”, los autores describen el procedimiento para la elaboración de las películas por método húmedo con soluciones a base de quitosano (1% – 2% w/v) y ácido acético al 3% con agitación constante por el tiempo de una hora y como agente plastificante se utilizó la glicerina, el proceso de formación de las películas fue realizado por un tiempo de 30 minutos en un rango de temperatura de 50°C a 60°C. concluyendo que con una concentración del quitosano al 2% y la temperatura de 55°C se obtiene una resistencia a la rotura óptima de 38,96 MPa [15].

En la investigación “Efecto de recubrimientos comestibles a base de mucílago extraído de penca de tuna con quitosano en la conservación de arándanos”, el autor detalló el procedimiento para la obtención del mucílago por el método de escaldado y las concentraciones para la solución del quitosano de 0,85% (w/v) y ácido acético al 1% (v/v), haciendo un incremento del pH hasta 5,1 con una solución de NaOH 0,1N para mejorar las sus propiedades y como agente plastificante utilizó el glicerol, las soluciones fueron de 40 ml y 50 ml de quitosano/mucílago, 40 ml y 50 ml mucílago/quitosano. También propuso métodos para la determinación de sus propiedades fisicoquímicas como espesor, densidad, opacidad, humedad, solubilidad, capacidad de retención de agua y permeabilidad al vapor [16].

En la publicación “Estudio comparativo de compuestos bioactivos y cianidina–3 glucósido del maíz morado (*Zea mays* L.) de tres regiones del Perú”, los autores describieron el procedimiento para la elaboración del extracto para las tres variedades de maíz morado a partir de sus corontas, empezando por la reducción del tamaño de la materia prima, secado a la temperatura de 37°C en estufa hasta peso constante, tamizado con maya N° 60 hasta su almacenaje en oscuridad, para la extracción usaron etanol al 20%, pH 2, en baño maría por 30 minutos para su posterior separación y filtrado. La determinación de polifenoles

totales lo realizaron según la ISO 14502–1 y la determinación de flavonoides por el método sugerido por Stalikas. Concluyendo que la muestra con más contenido en polifenoles, flavonoides y antocianinas fue la muestra procedente de cañete recolectadas en la temporada de febrero y abril [17].

En la investigación “Estudio comparativo de fenoles totales y capacidad antioxidante en chicha de jora expendida en picanterías y mercados de la ciudad de Arequipa”, las autoras describen el método utilizado para evaluar los compuestos fenólicos presentes en las diferentes muestras a base de curvas de calibración con ácido gálico como patrón en diferentes disoluciones de 0,25 mg/L hasta 7,5 mg/L en fioles de 10 ml a las que añadieron 0,2 ml de reactivo de folin (3,4–dioxo–3,4–dihidronaftalen–1–sulfonato de sodio) y 2 ml de Na_2CO_3 luego de enrazar fueron llevados a baño maría por 15 minutos para su posterior medida a una absorbancia de 765 nm y cálculo de la curva, luego repitieron el procedimiento con la adición 0,1 ml de muestra obteniendo valores que oscilaron entre los 18,99 y 45,90 mg EAG/100 ml en las diferentes muestras. Y la capacidad antioxidante fueron calculadas con el uso de curvas de calibración de equivalentes de trolox para lo cual prepararon concentraciones de 1 a 12 mmol/L trolox en fioles de 10 ml enrazadas en etanol y separaron alícuotas en tubos a los que añadieron 0,05 mg/ml DPPH dejando en reposo a oscuridad por una hora para luego medir su absorbancia a 515 nm, las muestras de 0,1 ml se añadieron 3 ml de DPPH a la misma concentración y se dejó en reposo una hora para su posterior medida a 515 nm, las muestras presentaron valores entre 79,67 a 103,52 U mol ET/100 ml. Concluyendo que dichas bebidas cuentan con un gran contenido en antioxidantes que benefician positivamente a la salud de los consumidores de la zona [18].

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Plásticos

Los plásticos son los materiales de mayor demanda del mundo, están presentes en cada aspecto de nuestras vidas y su importancia destaca sobre todo en las áreas de textiles, electrónicas y en envases. El término se refiere a una familia

de materiales que incluyen el nailon, polietileno y polipropileno, que son polímeros sintéticos; son producidos en su mayoría de fuentes fósiles pudiéndose clasificar de acuerdo con sus propiedades como materiales termoplásticos y termoestables [19].

Las industrias de plástico generan aproximadamente 300 millones de toneladas al año que se utilizan una vez y luego son desechados, debido a su durabilidad y baja degradabilidad estos polímeros pueden tardar cientos de años en descomponerse. Por otro lado, del total de su producción sólo es reciclado un 7% y el 8% es incinerado, siendo la mayor parte de los desechos vertidos en los océanos contribuyendo a un problema ambiental aún sin resolver [3].

Propiedades químicas y físicas de los plásticos

Es necesario el conocimiento de las propiedades de los materiales poliméricos para darles un uso correcto, relacionando su comportamiento en base a su estructura y así poder predecir el comportamiento del material [20].

Estas propiedades se pueden clasificar en físicas y químicas que involucran los cambios y reacciones que ocurren en los enlaces del material.

Solubilidad de polímeros. Se hace necesario conocer la solubilidad para poder determinar su resistencia a diferentes disolventes para su posterior uso en los procesos de fabricación de nuevos materiales. La solubilidad de los polímeros se hace compleja debido al mayor tamaño de sus moléculas, porque al usar un disolvente de menor tamaño molecular capaz de penetrar el material causa hinchazón y formación de un gel [20].

Degradación de polímeros. La degradación se debe a la pérdida de la estructura molecular, que hace que pierda sus propiedades químicas y físicas iniciales; durante estos procesos es posible también la liberación de COVs al ambiente. La degradación ocurre debido a los factores ambientales y mecánicos durante el uso o procesamiento del material en presencia de oxígeno; también ocurre por termodescomposición como en el caso de pirólisis en ausencia de oxígeno; por oxidación debido a cambios químicos por gases presentes en la atmósfera; por hidrólisis que causa una reducción del tamaño de la cadena

polimérica; por fotodegradación debido a que algunos compuestos presentes en el polímero pueden reaccionar en presencia de luz [21].

Propiedades mecánicas. En general dependen de la estructura del polímero, el método usado para su procesamiento, el tiempo y la temperatura. Esta propiedad también está función de los diferentes usos que se dan a los polímeros porque estos son sometidos a diferentes esfuerzos, para determinar sus propiedades es necesario el uso de diferentes ensayos como: rotura-alargamiento, tracción, flexión, compresión, impacto [22].

Conductividad eléctrica. Los polímeros tienen un gran uso en aplicaciones que requieran aislamiento eléctrico y de calor, al no contener electrones libres que puedan conducir la electricidad [23].

Propiedades ópticas. Debido a que gran parte de los polímeros son usados como envases, estos deben de cumplir con cierto grado de transparencia para poder percibir a los objetos que cubren, para que el polímero sea transparente debe de mantener su índice de refracción constante; por lo que en su fabricación se debe de prevenir la presencia de imperfecciones, burbujas, pigmentos o partículas capaces de dispersar la luz [20].

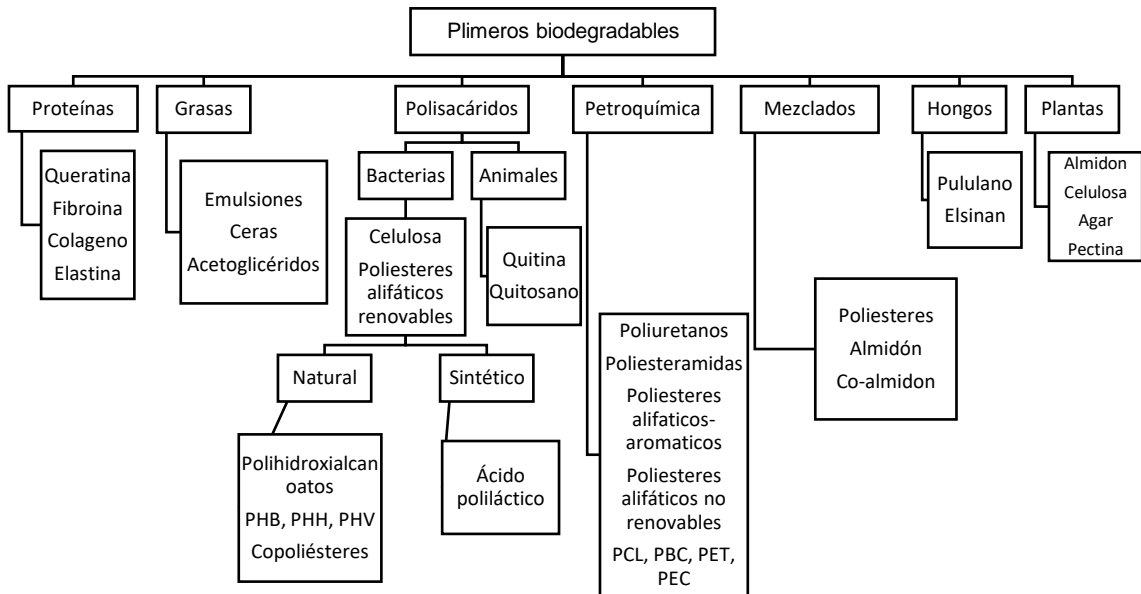
Biopolímeros.

Son considerados una alternativa al uso de polímeros sintéticos, porque presentan propiedades físicas similares a esos polímeros, además de baja toxicidad y biodegradabilidad, que son de mucho interés en diferentes áreas de investigación [24].}

Fuentes y clasificación de biopolímeros. De acuerdo con el grado de degradación se pueden clasificar en dos categorías: Oxo-biodegradable, son fabricados a partir de polímeros a base de petróleo y un aditivo degradante como sales de manganeso o hierro, para aumentar su degradación abiótica en presencia de oxígeno. Hydro-biodegradable, son elaborados a base de almidones o ácido poliláctico que se descomponen más rápidos que los oxo-biodegradables, pudiendo ser convertidos en fertilizantes sintéticos [3]. En la **Figura 1** se muestran las principales fuentes de los biopolímeros degradables.

Figura 1

Principales fuentes de biopolímeros degradables



Nota. Tomado de Journal of chemistry vol. 2021, pp. 1-15, 2021

Ventajas y desventajas de los biopolímeros

En la tabla 1, se muestran las principales ventajas y desventajas del uso de bioplásticos [25].

Tabla 1

Ventajas y desventajas de los bioplásticos

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> – La huella de carbono de los bioplásticos es menor comparada a los plásticos tradicionales. – Son fabricados a partir de materiales renovables como maíz, soja, etc. a diferencia de los plásticos tradicionales a base de petróleo. 	<ul style="list-style-type: none"> – Durante el reciclaje, es necesario que sean separados de los plásticos tradicionales, para evitar la contaminación de estos plásticos. – Al haber la tendencia de usar más recursos renovables y subproductos alimentarios, podrían ocasionar una reducción de las reservas de las materias primas. – Los términos relacionados al bioplástico están siendo mal

<ul style="list-style-type: none"> – Su producción significa un menor coste energético que los plásticos a base de petróleo. – No contiene toxinas y genera menos gases de invernadero, lo, contribuyendo a reducir el calentamiento global 	<p>utilizado por los fabricantes para hacer más atractivos a sus productos con el uso de slogans como “degradable” que causan confusión en los consumidores debido a que no todos los bioplásticos son compostables en el hogar, algunos requieren un compostaje químico.</p>
---	---

Nota: extraído de Journal of civil engineering and architecture Vol. 9, pp. 188-192, 2015

Películas y recubrimientos comestibles. Si bien ambos películas y recubrimientos cumplen una misma función de protección y retraso de los cambios químicos que ocurren en los alimentos, marcan una diferencia en cuanto a su modo de aplicación, porque en el caso de las películas comestibles se elaboran por separado y son capaces de formar otros objetos para su posterior uso; y en el de los recubrimientos comestibles su aplicación es directa sobre toda su superficie [26].

Técnicas para la elaboración de películas.

Eliminación por disolvente: Mediante este proceso las películas se forman por interacciones de sus propiedades fisicoquímicas para formar una estructura estable con el uso de disolventes y agentes plastificantes que luego son evaporados para dejar una capa fina ya secada y desprendible [27].

Microfluidización: Este proceso se realiza utilizando microcanales, por donde se hacen pasar las partículas en dispersión para obtener nanopartículas capaces de mejorar las propiedades físicas del bioplástico, seguido de un proceso de casting para formar las películas [28].

Pulverización electrohidrodinámica: en este método se aplican fuerzas electrostáticas sobre la solución formadora de películas, que posteriormente sale por goteo por una pequeña boquilla con tamaños que pueden llegar a ser de nanómetros con elevado potencial eléctrico [29].

Casting: En este método se realiza controlando los parámetros de temperatura, presión y humedad a la solución formadora de bioplásticos para la formación de películas [30]

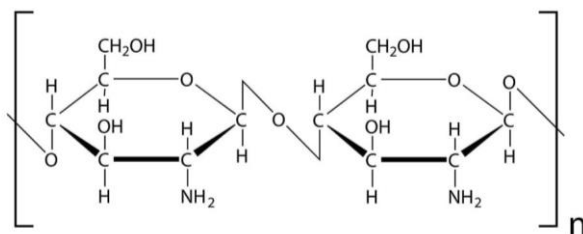
Gelificación térmica: En este proceso la temperatura varía de acuerdo con la propiedad a medir, se hace pasar el agente plastificante de manera rápida por los poros del material a recubrir de forma irreversible hasta la adsorción del plastificante formando clústeres entre las partículas [31].

2.2.2. Quitosano

Es un biopolímero lineal de gran peso molecular obtenido por la modificación de la quitina en N-desacetilada como se muestra en la **Figura 2**, que posee mejores propiedades reactivas y de solubilidad [32]. Además de una gran biocompatibilidad, biodegradabilidad y baja toxicidad [33]

Figura 2

Estructura química de quitosano



Nota: Obtenido de Chawla, Kanatt, Sharma, 2015

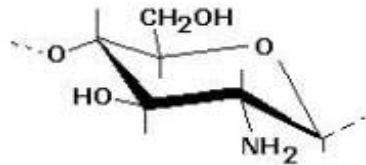
Proceso de obtención del quitosano. El quitosano puede obtenerse por diferentes métodos químicos, biológicos o enzimáticos (con la enzima quitina desacetilasa), de los cuales el más empleado es el químico mediante la desacetilación de la quitina debido a la sencillez del proceso [34].

Un parámetro muy importante durante el proceso de obtención del quitosano es el grado de desacetilación, debido a que si ocurre una desacetilación completa, se produce quitano el cual es un material completamente soluble en medio ácido, ahora con una desacetilación parcial se producen materiales con distintas

propiedades de interés como diferentes solubilidades. En la **Figura 4** se muestra el proceso de obtención del quitosano [35].

Figura 3

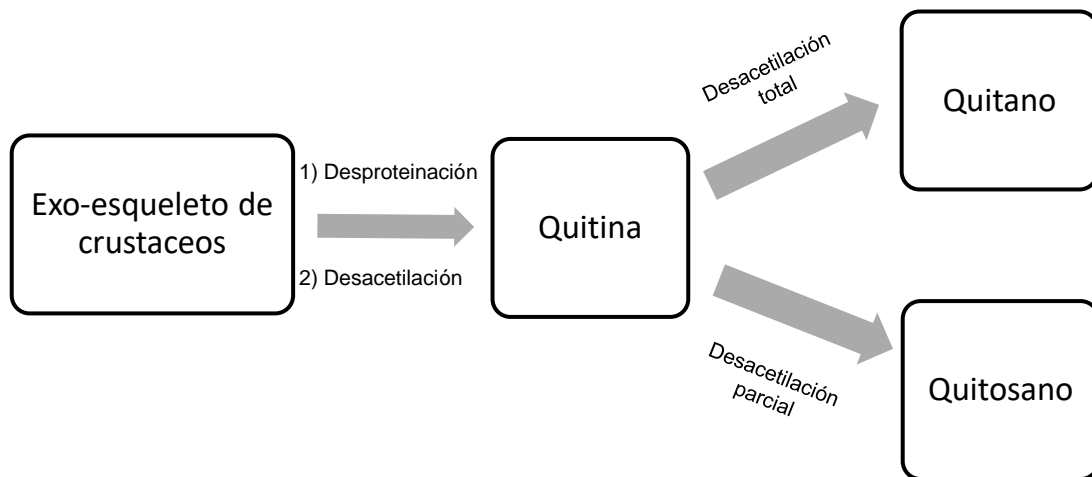
Estructura química del quitano



Nota: Extraído de Revista Iberoamericana de Polímeros, 2003

Figura 4

Proceso de obtención del quitano y quitosano



Nota: Proceso para la obtención a partir de exoesqueleto de crustáceos, Tomado de Revista iberoamericana de polímeros, 2003

Propiedades del quitosano

Solubilidad. Al ocurrir la protonación de los grupos aminos del quitosano, hace que vuelva soluble debido a que ya no pueden formar enlaces de hidrógeno con los ácidos carboxílicos de su monómero causando que quitosano sea fluido por

el aumento de la rotación en su estructura por la diferencia de peso entre las moléculas de acetilo y amina. También la alteración en las cargas del quitosano lo vuelven un poli-ión positivo disuelto en la solución haciendo que pase al estado líquido [36].

Actividad antioxidante. Su actividad como antioxidantes se le atribuye a su eficiencia como quelante y también cuando forman películas al evitar el contacto con el oxígeno. Porque a pesar de tener un par de electrones de N⁻ no compartido que pudieran ser donados debido a su solubilidad en medios ácidos sus grupos aminos son protonados evitando que puedan ser donados [37].

2.2.3. Aditivos

Son sustancias agregadas a los polímeros en pequeñas cantidades por lo general menores al 5%, para su uso se debe tener ciertas consideraciones como poder usarlo en las condiciones de trabajo para evitar su volatilidad o ser extraído por soluciones, debe ser miscible en el polímero para poder dispersarse en su matriz sin afectar su estructura, estos aditivos en su mayoría pueden ser plastificantes, antioxidantes, biocidas, antiestáticos, etc. [38].

Plastificantes. Si bien el quitosano se ha vuelto apreciado en diversas investigaciones por sus diferentes propiedades y su capacidad de formar películas, cabe resaltar que éstas suelen ser frágiles por lo que es necesario el uso de sustancias adicionales como los plastificantes que son capaces de mejorar sus propiedades mecánicas como elasticidad y flexibilidad [39].

El uso de agentes plastificantes a base de ceras, aceites y polioles mejoran las propiedades mecánicas de elongación y flexibilidad de la película, mientras que los emulsificantes y los surfactantes disminuyen la pérdida de humedad y actividad de agua en alimentos [40].

Compuestos fenólicos. Son sustancias de origen vegetal con funciones fenol unidos a anillos aromáticos o alifáticos, los cuales sobresalen debido a sus propiedades antioxidantes, pueden ser clasificados como flavonoides y no flavonoides como se muestran en la **Tabla 2 (Ver pag 27)** [10].

Tabla 2

Clasificación general de compuestos fenólicos

No flavonoides	Flavonoides
Fenoles no carboxílicos: C6, C6-C1, C6-C3	Antocianos
Ácidos fenoles derivados del ácido benzoico C6-C1	Flaonas, flavonas, flavonoles y flavonoles
Derivados del ácido cinámico C6-C3	Flavonoles, taninos condensados y lignanos

Nota: Extraído de la revista *Offarm*, vol. 23, N° 6, 2004

Flavonoides. Cumplen funciones de pigmento y de protección en los vegetales debido a sus propiedades antioxidantes, actuando como quelante de metales de transición como el hierro cumpliendo un papel importante frente al daño oxidativo. Su propiedad de anti radicales libres se debe a sus radicales hidroxilos y superóxidos. Representan un reto para los investigadores debido a la dificultad para identificarlos, habiendo más de 5 000 identificados de los cuales se pueden destacar los citroflavonoides, isoflabonoides, antocianidinas, ácido elágico, catequina y kaenferol [41].

En condiciones normales las antocianinas suelen ser inestables y su degradación ocurre desde el procesamiento de la especie vegetal hasta su almacenaje, haciéndose estables sólo en medios ácidos; esto debido a sus grupos hidroxilo y metoxilo en su estructura. El color depende de factores como el pH, la estructura misma y agentes acomplejantes [42].

Las antocianinas monoaciladas como las no aciladas son utilizadas como indicadores de pH, debido a que toman colores dependiendo de su valor, estos van desde rojo con valores de pH bajo, azules con pH intermedios e incoloro a valores altos de pH. Para valores menores a 2, la antocianina se encuentra en forma de catión flavilio que al aumentar su pH por protonación adquiere forma quinoidal, la forma de carbinol incoloro cuando es hidratada y de chalcona en equilibrio que también es incoloro [43].

Con el incremento de la temperatura se favorece su degradación haciéndola inestable debido a la hidrólisis de glucosa que ocurre en su carbono 3 [44].

Las antocianinas pueden soportar temperaturas elevadas por periodos cortos de tiempo debido a que su reacción es endotérmica, pero se degradan a temperaturas mayores a 60°C [45], La exposición a la luz también facilita su degradación [46]. En la **Tabla 3** se muestra el contenido de antocianinas de diferentes frutos.

Tabla 3

Contenido de antocianinas por cada 100 g de producto

Alimento	Antocianina (mg)
Maíz morado (<i>zea mays</i>)	1,642
Aronia melanocarpa	1,480
Uvas rojas y negras	888
Berenjena (<i>solanum melongena</i>)	750
Frambuesa negra (<i>Rubus occidentalis</i>)	589
Arándanos	558
Frambuesa (<i>Rubus idaeus</i>)	365
Cerezas (<i>Prunus cerasus</i>)	350-400
Palmera de azaí (<i>Euterpe oleracea</i>)	320
Zarzamora (<i>Rubus fruticosus</i>)	317
Grosellero (<i>Ribes rubrum</i>)	80-420
Casis (<i>Ribes nigrum</i>)	165-412
Naranjas (<i>citrus x sintesis</i>)	200
Vino tinto	24-35

Extraído del sitio web flavonoides.org

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Bioplásticos

Dentro de los plásticos se pueden diferenciar los bioplásticos como una probable solución al comportamiento no biodegradable de los plásticos derivados del petróleo.

Los bioplásticos resultan ser una probable solución al generado por los plásticos a base petróleo; porque estos primeros pueden obtenerse a partir de polímeros naturales como la celulosa, almidón, entre otros. Se puede mencionar a los polihidroxicanoatos PHAs, que son poliésteres producidos por la acción de los

microorganismos sobre la fermentación de azúcares o lípidos. Son biodegradables en función al tipo de material, tamaño de molécula y su estructura química.

2.3.2. Proceso de elaboración de bioplásticos

La elaboración de bioplásticos requiere de componentes básicos como polímeros y agentes plastificantes; y de aditivos que mejoren sus propiedades como por ejemplo antioxidantes.

El polímero base para la elaboración de bioplásticos en esta investigación es el quitosano, que es un polisacárido comercial producto de la desacetilación de la quitina obtenido de fuentes renovables como los caparazones de crustáceos en su mayoría obtenidos de los desechos del sector pesquero, siendo Japón su mayor productor. Es considerado un material con un gran potencial en el desarrollo de nuevas tecnologías, debido a sus propiedades como: formar complejos con los metales de transición que le agregan la propiedad antimicrobiana; Solubilidad en medio ácido e insoluble en medio básico; Densidad que está en función de su grado de desacetilación, la presencia de enlaces glucosídicos que forman largas cadenas le permiten formar películas.

Debido a que las películas de quitosano suelen ser quebradizas, se hace necesario agregar un agente plastificante como la glicerina, que puede obtenerse a partir de fuentes naturales o de derivados del petróleo y es capaz de formar enlaces intermoleculares de hidrogeno, con temperaturas de fusión de 18,2°C y ebullición 290°C, en la que se descompone en acroleína que es tóxica.

Entre otros aditivos que pueden ayudar a mejorar sus propiedades, están los extractos vegetales que son sustancias formadas por metabolitos secundarios como compuestos fenólicos, terpenoides y nitrogenados, responsables de sus propiedades antimicrobianas, antioxidantes, antivirales, repelentes e inhibidoras de germinación, etc. Estos extractos pueden obtenerse con agua o solventes orgánicos como alcohol.

Los antioxidantes son moléculas capaces de prevenir la oxidación de otras moléculas, debido a su propiedad de reaccionar con los radicales libres. La

actividad antioxidante puede ser caracterizado debido a su velocidad de reacción (actividad estabilizadora), por otro lado, es necesario diferenciar su propiedad de retrasar la degradación oxidativa (antiradicalaria) que no necesariamente puede ser considerada antioxidante.

Una fuente de antioxidantes es el maíz morado que es una especie oriunda del Perú, contiene el pigmento antocianina que le da su color morado característico. Se produce en las regiones de Cuzco, Cajamarca, Junín, Amazonas, Huaral, Cañete e Ica. Su contenido de antocianinas se encuentra en proporciones muy superiores a las de otras fuentes vegetales. El contenido promedio de antocianinas hallado en el maíz fue de 1 642 mg/100 g, con gran contenido de cianidina-3-b-glucosa, que es una antocianina con gran actividad antioxidante.

Las antocianinas son flavonoides, al igual que otros compuestos fenólicos se hayan en la naturaleza en forma de glicósidos, se extraen de la piel y flores de los vegetales y frutos donde se encuentra en mayor cantidad dándoles su color característicos rojo, azul, violeta. Forman uno de los grupos más grandes de pigmentos solubles en agua y cumplen la función de atraer a otros seres vivos para su polinización, su degradación se debe a factores de pH, temperatura, actividad del agua.

El proceso para la elaboración de bioplásticos con propiedades antioxidantes, en esta investigación se realizó utilizando el quitosano comercial, glicerina y extracto vegetal de maíz morado.

2.4. Definición de términos

Biopolímero: es un polímero procesado con propiedades biodegradables, capaces de intervenir en los procesos biológicos [47].

Biobasados: derivados de al menos de una fuente renovable [9].

Biodegradable: es una sustancia cuyos componentes moleculares pueden degradarse en moléculas más pequeñas por la acción de organismos biológicos [48].

Biocompatibilidad: es la característica de un material para generar una respuesta biológica positiva con ausencia de rechazo [49].

Compostable: materiales que pueden descomponerse en medios biológicos controlados usando un estándar a base de diferentes microorganismos [3].

Degradación abiótica: Es la descomposición a través de procesos químicos y físicos (pH, luz, calor, etc.) [50].

Polímeros: Son compuestos químicos obtenidos de fuentes naturales o sintéticas de estructura repetitiva que se forman por polimerización [51].

Polimerización: es la unión de moléculas pequeñas (monómeros) que mediante una reacción química se unen para formar un polímero [51].

Protonación: es una reacción química donde ocurre la adición de un protón a un átomo [52].

Quelante: Es una sustancia con la capacidad de atrapar a los iones metálicos [49].

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

Hipótesis general

El bioplásticos obtenido a base de quitosano y extracto vegetal cumple con las normas de calidad establecidas.

Hipótesis específica

La proporción de materiales influyen significativamente en las características físicas del bioplástico.

La temperatura influye significativamente en las características físicas del bioplástico.

3.1.1 Operacionalización de variable

Variable dependiente

Y: Características físicas del bioplástico

Variable independiente

X: Proceso de elaboración del bioplástico

Dimensiones

X₁: Cantidad de extracto vegetal

X₂: Temperatura de operación

Se muestra la operacionalización de variables en la **Tabla 4 (Ver pag 33)**

Tabla 4

Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Método	Técnica
Características físicas del bioplástico	Propiedades físicas del bioplástico como: biodegradabilidad, maleabilidad, resistencia a la humedad, impermeabilidad, baja densidad, aislante eléctrico, reciclable, transparencia [53].	Propiedades físicas, mecánicas, químicas y visuales del bioplástico elaborado	Parámetros de acuerdo con las normas para bioplásticos	Pruebas mecánicas	ASTM D882-91 Micrómetro	-Tracción y elongación - Espesor
				Tiempo de degradación	UNE EN 13432	-Compostaje
				Humedad	AOAC 934.01, 2000	- Gravimetría
				Grado de solubilidad	AOAC 934.01, 2000	-Gravimetría
				Actividad antioxidante	Espectrómetro	DPPH
				Color	Colorímetro	Absorbancia de la luz
Proceso de elaboración del bioplástico	Es una operación donde se mezclan proporciones definidas de materiales para formar polímeros utilizables en la fabricación de diferentes objetos con capacidades de ser completamente compostables [54].	Proceso que consiste en la obtención de extractos y su mezcla con quitosano para el bioplástico	Proporciones (v/v) de la solución acuosa de Extracto/quitosano	10%	Observación directa	Observacional
				15%		
				20%		
			Temperatura	25°C 50°C	Observación directa	Observacional

IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

4.1. Diseño metodológico

Por el enfoque es cuantitativa debido a que se realizarán diversas mediciones de los parámetros de procesamiento y sus características [55], aplicada por que se utilizan los principios básicos de la química para elaborar nuevos productos [56].

De acuerdo con su nivel es explicativo y de diseño experimental por que se aplicó un tratamiento (causa) para observar los efectos [55].

En la **Tabla 4** se muestran los factores y niveles para la investigación

Tabla 4

Factores y niveles de investigación

Factores	Unidades	Notación	Niveles		
Concentración	V/V	X ₁	10%	15%	20%
Temperatura	°C	X ₂	25	50	

El diseño experimental es como en la **Tabla 5**.

Tabla 5

Diseño experimental

<i>Experiencia</i>	<i>Proporción</i>	<i>Glicerol</i>	<i>pH</i>	<i>Temperatura</i>	<i>Respuesta</i>
	<i>E/Q</i>	<i>(w_G/w_Q)</i>		<i>(°C)</i>	
1	10%	25%	4.2	25	Y ₁
2	10%	25%	4.2	50	Y ₂
3	15%	25%	4.2	25	Y ₃
4	15%	25%	4.2	50	Y ₄
5	20%	25%	4.2	25	Y ₅
6	20%	25%	4.2	50	Y ₆

Nota: Q: quitosano, E: extracto vegetal

El bloque experimental básico es de seis corridas (3 x 2); con tres repeticiones, haciendo un total de 18 unidades experimentales.

4.2. Método de investigación

La investigación se realizó en cinco etapas:

Etapla 1: Obtención del extracto

El extracto de maíz morado (número CAS: 84696–06–0), se adquirió a través de la empresa Insuquímica S.A.C., luego de ser utilizado en las primeras corridas, se almacenó en la conservadora mantenido en oscuridad para su posterior uso, en la **Tabla 6** se describen las propiedades fisicoquímicas del extracto.

Tabla 6

Características fisicoquímicas del extracto

Características fisicoquímicas	
pH	4,5 – 6,5
Brix	Característico
Color	Vino claro
Densidad	0,95 – 1,15
Gérmenes aeróbicos	<100 ufc/g o ml
Mohos levaduras	<100 ufc/g o ml
Compuestos fenólicos	>14%

obtenido de Insuquímica S.A.C

Etapla 2: Preparación de la solución de quitosano

Se utilizó quitosano comercial (número CAS: 9012–76–4), obtenido de la empresa Omnichem S.A.C., en la **Tabla 7 (Ver pag 37)** se muestran las propiedades fisicoquímicas del quitosano utilizado. Para preparar la solución de quitosano al 2% (w/v), se utilizó como disolvente una solución de ácido acético al 2% (v/v) previamente calentado controlando que la temperatura no pase los 90°C por 2 horas con agitación constante a 1 000 rpm ayudándose con una bagueta para evitar pérdidas en los bordes superiores del vaso de precipitado, se dejó enfriar a temperatura ambiente para su posterior uso, luego se midió el pH de la solución.

Tabla 7

Características fisicoquímicas del quitosano atomizado

Características fisicoquímicas	
Color	Blanco – amarillo claro
Densidad	≥ 0,32 g/ml
Tamaño de partícula	80 mesh
Grado de desacetilación	90,5%
Peso molecular	161,2 g/mol
Formula	(C ₆ H ₁₁ N ₄) _n
Gérmenes aerobios	<1000 ufc/g

Obtenido de Omnichem S.A.C.

En la **Figura 5** se muestra el proceso de pesado y preparación de la solución de quitosano para un volumen de 400 ml, controlando la temperatura con un termómetro digital debido a que las planchas de agitación con calentamiento utilizadas en los laboratorios no regulan correctamente las temperaturas.

Figura 5

Pesado y control de la temperatura con el uso de un termómetro



Etapa 3: Ajuste de pH de la solución de quitosano

Luego de medir el pH ajustado a un valor cercano a pH 5 utilizando una solución de NaOH al 0,1N

Durante la preparación de las soluciones se midió el pH de quitosano dando un valor de 4,2 pH por lo que no se realizó el ajuste de pH.

Etapa 4: Síntesis de las películas de quitosano y extracto vegetal

Se utilizó el método de casting. La solución de quitosano se mantuvo en agitación constante de 1 000 rpm y se agregó el glicerol con pureza del 99,5% al 0,25% en peso de quitosano equivalente a 2,01 ml, manteniendo en agitación por 15 minutos más. Posteriormente se mezclan las soluciones de quitosano y extracto vegetal a las temperaturas y concentraciones propuestas por 90 minutos y con agitación de 1 000 rpm cubriéndolas con papel platino debido a los compuestos fenólicos como antocianinas se degradan en presencia de luz.

Luego se dejan en reposo hasta enfriar a temperatura ambiente para eliminar las burbujas formadas por la agitación como se muestra en la **Figura 6 (Ver pag 39)** Se vierte 17ml de solución de bioplástico en los moldes de dimensiones de 13,6 cm x 10 cm con ayuda de una pipeta y se dejaron en reposo por 30 minutos eliminando las burbujas visibles debido a que no se cuenta con un equipo desgasificador en las instalaciones del laboratorio.

Se llevan a la estufa por 14 horas a la temperatura de 60°C para su secado. Finalmente se guardan en recipientes herméticos por un día para su posterior análisis.

Figura 6

Elaboración de los bioplásticos controlando la temperatura y eliminación de burbujas en el molde



Nota: durante la agitación con control de temperatura los rangos variaron entre 48,5°C y 53°C. lo que complicó el desarrollo de las películas a las temperaturas propuestas de 40°C y 50°C. Por lo que se optó por cambiar el diseño a temperatura ambiente de 25°C y un rango cercano a los 50°C.

En la **Figura 7 (Ver pag 40)**, se muestran las soluciones a diferentes relaciones de 50/30, 40/40 y 30/50 de quitosano y extracto para una primera experimentación. Donde a dichas concentraciones las formulaciones de 30/50 de quitosano y extracto no tienen propiedades físicas adecuadas para los experimentos posteriores. Por lo que se reformuló las concentraciones en base al porcentaje en volumen de extracto agregado de 10%, 15% y 20% obteniendo mejores resultados como se muestran en la **Figura 8 (Ver pag 40)**.

Figura 7

Preparación del bioplásticos a diferentes concentraciones de 50/30, 40/40 y 30/50



Figura 8

Películas de quitosano a las contenciones de 10%, 15% y 20% de extracto luego de secado en la estufa.



Nota: la muestra "A" a la concentración de 10%, B: al 15% y C al 20% de extracto.

Etapa 5: Caracterización del bioplástico

Análisis de fenoles totales

Se utilizaron curvas de calibración con ácido gálico a diferentes concentraciones de 20 mg/L, 40 mg/L, 60 mg/L, 80 mg/L y 100 mg/L a los que se agrega 0.2ml de reactivo de folin y 2 ml de Na₂CO₃ que se llevan a baño maría a 40°C por 15 minutos para su posterior lectura a 765 nm para la elaboración de las curvas de calibración. Las muestras se tratan de manera similar tomando 0,1 ml de muestra con 0,2 ml de folin y 2 ml de Na₂CO₃ hasta enrajar en fioas de 10 ml llevadas a baño maría a 40°C por 15 min para su posterior lectura en el espectrofotómetro a 765 nm. Las películas fueron tratadas diluidas en metanol y decantándolas para separarlas en tubos de ensayo con tapa almacenadas en temperaturas de congelación para su posterior análisis [57].

Análisis de la actividad antioxidante del bioplástico:

Se hace una curva de calibración usando TROLOX disuelto en etanol a la concentración de 40 (10⁻³molL⁻¹) usada como solución madre y se separan muestras de TROLOX en concentraciones de 1 (10⁻³ molL⁻¹) a 10 (10⁻³ molL⁻¹). Se mezclan soluciones de 0.01 ml TROLOX con 0,05 mg/ml de DPPH, se deja en reposo por una hora y se registra las absorbancias a 515 nm para calcular la curva estándar de calibración.

Se mezclaron 3 ml del reactivo DPPH (10⁻³ molL⁻¹) con 9 ml de bioplástico, la mezcla fue dejada en reposo por una hora a temperatura ambiente en oscuridad; posteriormente se midió la absorbancia de la solución a 517 nm. La captación de DPPH se halló utilizando la fórmula 1:

$$\text{Capacidad antioxidante} = \left[\frac{Ac-As}{Ac} \right] \quad \dots (1)$$

Donde:

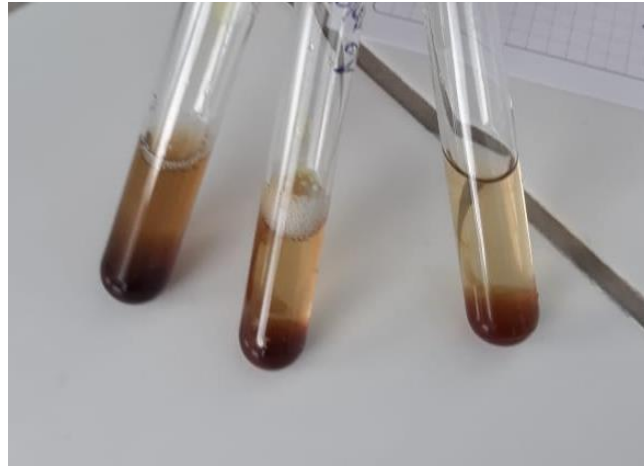
Ac: es la absorbancia del DPPH antes de la reacción a 517 nm

As: es la absorbancia de la mezcla a 517 nm

En la **Figura 9**, se muestra la identificación de compuestos fenólicos presente en las muestras con una solución de FeCl_3 comprobando la formación de precipitados rojizos de $\text{FeO}(\text{OH})$ que indica la presencia de dichos compuestos fenólicos en las muestras.

Figura 9

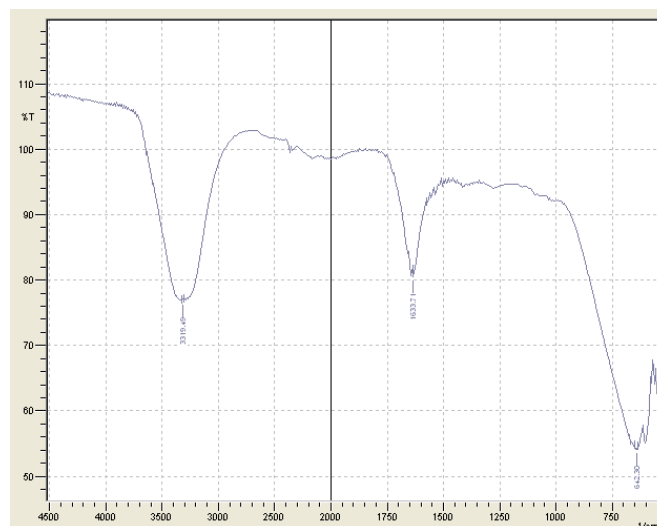
Identificación de compuestos fenólicos presentes con FeCl_3



En la **Figura 10 y Figura 11 (Ver pag 43)** se observa por espectrofotometría infrarroja las estructuras del quitosano puro y con extracto a diferentes concentraciones se muestran la estructura del quitosano puro y las diferentes.

Figura 10

Espectro infrarrojo de quitosano

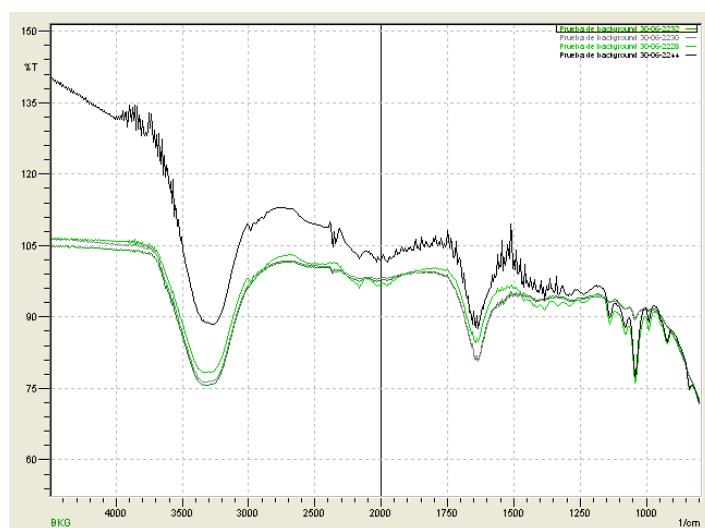


Nota: Se puede observar el pico de O-H con longitudes de $3319,49 \text{ cm}^{-1}$ y C=O a $1633,71 \text{ cm}^{-1}$.

En la **Figura 11** se puede observar un estiramiento de la cadena con la adición de diferentes concentraciones de extracto llegando aun estiramiento de O–H de $3321,42\text{ cm}^{-1}$

Figura 11

Estiramiento de los grupos funcionales O–H a diferentes concentraciones



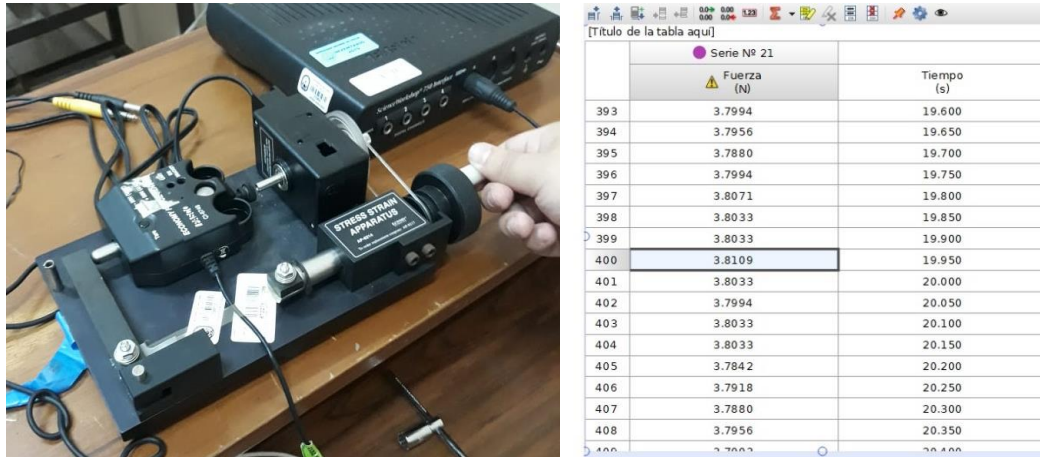
Análisis de propiedades mecánicas:

Se realizó con el uso del Stress Strain AP–8214A y un sensor de fuerza PS–2104. Se realizó en los laboratorios de la facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad Nacional del Callao.

Se analizaron las muestras luego de dos días guardadas dentro de recipientes herméticos, se cortaron las muestras de 10 cm de largo y 1 cm de ancho, la distancia mínima entre los puntos de uniones de las probetas fue de 8.3 cm, luego de ser ajustadas se procedió a registrar la fuerza en N y el cálculo de la fuerza de resistencia a la tracción dividiendo entre el área de la sección de bioplástico en el momento de romperse de acuerdo con la ecuación 2. Se utilizó el software software Pasco Capstone, como se muestran en la **Figura 12 (Ver pag 44)**.

Figura 12

Determinación de la fuerza aplicada para romper el bioplástico



La fuerza de tracción se midió utilizando la ecuación 1.

$$RT = \frac{\text{Fuerza aplicada (N)}}{\text{Área del bioplástico (m}^2\text{)}} \dots (1)$$

Donde:

RT: es la resistencia a la tensión

El porcentaje de elongación se calculó con la ecuación 2.

$$\%E = \frac{\text{Distancia final} - \text{Distancia inicial}}{\text{Distancia inicial}} \dots (2)$$

Donde:

%E: es el porcentaje de elongación

Análisis de propiedades fisicoquímicas

Espesor: Se usó un micrómetro manual con una precisión de 0,01 para medir el espesor en cinco diferentes puntos de la muestra, para calcular un promedio que será considerado como el espesor como se muestra en la **Figura 13 (Ver pag 45)**

Figura 13

Puntos de medición de la película de bioplástico



Opacidad: Las películas de bioplástico obtenidas se cortaron en pequeños rectángulos para ser colocados en las celdas del espectrómetro UV como se muestra en la **Figura 14 (Ver pag 46)** y se procedió a medir su transparencia la absorbancia de 600 nm, la opacidad se calculó con la ecuación 3 [58].

$$O = \frac{Abs_{600}}{\sigma} \quad \dots (3)$$

Donde:

O: es la opacidad

σ : es el espesor del bioplástico

Abs600: es el valor de la absorbancia medida

Figura 14

Cortado de los bioplásticos y medida de la opacidad



Color: Usando un colorímetro, midiendo en cinco diferentes puntos del bioplástico

Humedad: Se determinó mediante secado en estufa según AOAC 934.01, 2000. Se registraron los pesos iniciales de cada muestra húmedas y se llevaron a la estufa a 105°C hasta peso constante. El porcentaje de humedad fue calculado con la ecuación 4:

$$\%H = \frac{PH-PS}{PH} \times 100 \quad \dots (4)$$

Donde:

%H: es el porcentaje de humedad contenido en el bioplástico

PH: Peso húmedo de la muestra de bioplástico

PS: Peso seco de la muestra de bioplástico

Solubilidad: Se cortan muestras rectangulares de bioplásticos menores a 3cm de lado guardados un día anterior en el desecador, se registra su peso inicial para luego colocarlos en un vaso de precipitado con 80 ml de ácido acético 2%, se agitó constantemente a 400 rpm por una hora como se muestra en la **Figura 15**, luego fueron secadas en la estufa a 105°C hasta peso constante y se registró su peso final. La solubilidad se calculó con la ecuación 5 [58].

$$\%S = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100 \quad \dots (5)$$

Donde:

%S: es la solubilidad del bioplástico

Figura 15

Determinación de la solubilidad de las películas plásticas



Propiedades de transporte

Capacidad de retención de agua: Se cortaron muestras rectangulares de bioplásticos con menos de 3 cm de lado, las que fueron pesadas para registrar sus pesos iniciales, luego se colocaron dentro de vasos con 50 ml de agua destilada sin agitación por 20 minutos, con ayuda en un equipo de filtrado al vacío como se muestra en la **Figura 16 (Ver pag 48)** y papel filtro se eliminó el exceso de líquido y se procedió a registrar el peso final. El porcentaje de retención de agua se calculó con la ecuación 6:

$$\%RA = \frac{\text{Peso final} - \text{Peso inicial}}{\text{Peso inicial}} \times 100 \quad \dots (6)$$

Donde:

%RA: es la capacidad de retención del agua del bioplástico

Figura 16

Determinación de la capacidad de retención de agua



Permeabilidad al vapor de agua PVA: se agrega agua destilada a tubos de ensayo y cubren con una película de bioplástico bien aseguradas con cinta dejando un espacio entre el agua y la película de 2 cm, se registra un peso inicial, luego se colocan dentro de un desecador y se registran las temperaturas y humedades dentro del desecador y el medio exterior, se realizan pesadas cada 60 minutos por un día para realizar una curva de peso perdido vs tiempo y obtener una pendiente “m” con unidades de g/h. Primero se calcula el coeficiente de transmisión de vapor de agua con la ecuación 7 [58].

$$\text{Coeficiente de transmisión de vapor agua CVAT} = \frac{m}{\text{tiempo}(h) \cdot \text{Área}(m^2)} \quad \dots (7)$$

Donde:

m: es la pendiente de la curva (g/h)

La permeabilidad del vapor de agua WVP, se calcula con la ecuación 8 y 9.

$$\text{Permeabilidad al vapor de agua WVP} = \frac{CVAT \cdot \sigma}{S \cdot (R_2 - R_1)} \dots (8)$$

$$\text{Permeabilidad al vapor de agua WVP} = \frac{CVAT \cdot \sigma}{P_2 - P_1} \dots (9)$$

Donde:

S: presión de vapor de saturación a la temperatura experimental

R₂: humedad de la cámara de secado

R₁: humedad dentro del tubo

CVAT: transmisión de vapor de agua.

σ: es el espesor de la película (m)

P₂: presión de la cámara ambiental (Pa)

P₁: presión que sufre la película de bioplástico (Pa)

Se realizaron muestras por duplicado dentro del desecador como se muestra en la **Figura 17**.

Figura 17

Determinación de la transmisión de vapor de agua



Análisis de biodegradabilidad

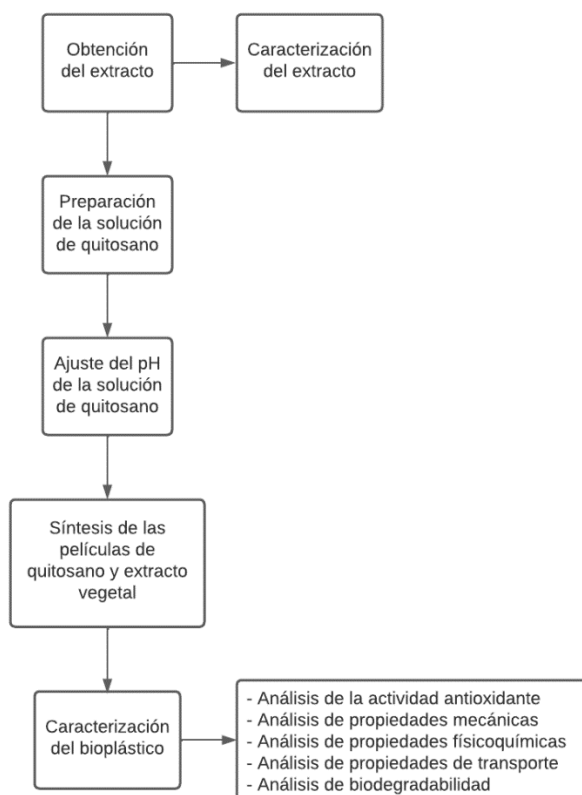
De acuerdo con la norma UNE EN 13432 modificada, se tomaron muestras del bioplástico de 2,5 x 2,5 cm previamente pesados, y se colocaron en un recipiente con compost, a temperatura ambiente, en medio aerobio para su biodegradación por los microorganismos presentes registrando cada dos días su degradación. Adicionalmente se registraron los datos de pH, temperatura y humedad.

Etapas del proceso de elaboración del bioplástico

En la **Figura 18** se presenta el diagrama del proceso de elaboración y caracterización del bioplástico

Figura 18

Etapas del proceso de elaboración del bioplástico



4.3. Población y muestra

4.3.1 Población

La población no aplica a esta investigación

4.3.2 Muestra

La muestra está constituida por cada una de las películas de 13,5 cm de largo y 10cm de ancho) de bioplástico obtenido.

4.4. Lugar de estudio y periodo de desarrollo

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad nacional del Callao y en las instalaciones del laboratorio de Investigación Slab Perú en San Martín de Porres-Lima, el periodo de desarrollo fue de cuatro meses.

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

La información se recolectó según:

Etapa 1: Obtención del extracto

Se utilizó la disolución para diluir el extracto en alcohol.

Etapa 2: Preparación de la solución de quitosano

Preparación de soluciones

Etapa 3: Ajuste de pH de la solución de quitosano

Potenciometría

Etapa 4: Síntesis de las películas de quitosano y extracto vegetal

Mezcla y control de parámetros de temperatura y tiempo utilizando volumetría, termometría y cronometría.

Etapa 5: Caracterización del bioplástico

Análisis de la actividad antioxidante del bioplástico:

Espectrofotometría y aplicación de fórmulas.

Análisis de propiedades mecánicas:

Resistencia a la tracción – elongación: Stress Strain AP-8214 y aplicación de formulas

Análisis de propiedades fisicoquímicas

Espesor: Se realizará utilizando un micrómetro.

Densidad: pesado y uso de formulas

Opacidad: *Espectrofotometría y aplicación de fórmulas.*

Humedad: gravimetría según AOAC 934.01, 2000 y aplicación de fórmulas.

Solubilidad en agua: gravimetría AOAC 934.01, 2000 y aplicación de fórmulas.

Análisis de propiedades de transporte

Capacidad de retención de agua: Gravimetría y aplicación de fórmulas.

Permeabilidad al vapor de agua PVA: diferencia de pesadas y aplicación de formulas

4.5.1 Materiales y equipos

Materiales

- Material de vidrio (placas petri, embudo, fiola, tubos de ensayo, bureta, bagueta, vasos de precipitado).
- Pisceta
- Gradilla
- Espátula
- Papel filtro N° 41

Equipos

- Balanza analítica de cuatro decimales
- Plancha de agitación con control de temperatura
- pH-metro
- Medidor de humedad digital
- Estufa
- Desecador
- Sensor de fuerza CI-6746
- Equipo de tensión-deformación AP-8214

4.6. Análisis y procesamiento de datos

Se hará uso de la estadística descriptiva e inferencial, software minitab 18, Pasco Capstone, Hojas de cálculo

4.7. Aspectos éticos de la investigación

La investigación realizada es inédita en el sentido de haber obtenido todos los datos experimentales en los laboratorios de la Universidad Nacional del Callao y laboratorio externo Slab Perú S.A.C.

V. RESULTADOS

5.1 Resultados descriptivos

En la **Tabla 6**, se muestran las propiedades fisicoquímicas de seis experiencias donde se especifican los valores obtenidos a nivel de laboratorio de espesor, densidad, opacidad, %H y %S.

Tabla 6

Propiedades fisicoquímicas del bioplástico

Experiencia	X ₁	X ₂	Variables respuesta				
			Espesor (mm)	Densidad (g/cm ³)	Opacidad (nm ⁻¹)	%H	%S
1	10%	25	0,0550	0,9514	2,7186	37,6531	64,6001
2	10%	50	0,0510	1,7397	2,6354	44,6537	62,3946
3	15%	25	0,0530	1,2612	2,6965	37,6041	62,4872
4	15%	50	0,0617	1,2709	2,3080	42,0362	59,3900
5	20%	25	0,0550	0,9644	2,9492	36,4073	57,3971
6	20%	50	0,0418	1,5048	3,6229	41,7867	48,4408

En la **Tabla 7 (Ver pag 55)**, se muestra los datos de las propiedades de transporte del bioplástico obtenidos a nivel de laboratorio de capacidad de retención de agua y permeabilidad al vapor de agua.

Tabla 7***Propiedades de transporte del bioplástico***

Experiencia	X ₁	X ₂	Variables respuesta		
			%CRA	CTVA (g/h.m ²)	WVP (g/hmPa)
1	10%	25	67,0147	0,6063	1,14E-10
2	10%	50	78,5361	0,7352	1,29E-10
3	15%	25	57,4725	1,2960	1,88E-10
4	15%	50	75,3029	0,7579	1,86E-10
5	20%	25	61,1981	0,6442	1,36E-10
6	20%	50	61,5758	0,6897	1,08E-10

En la **Tabla 8**, se muestran las propiedades mecánicas del bioplástico obtenidos a nivel de laboratorio de resistencia a la ruptura y porcentaje de elongación.

Tabla 8***Propiedades mecánicas del bioplástico***

Experiencia	X ₁	X ₂	Variables respuesta	
			Fuerza de rotura (N)	RT (N/m ²)
1	10%	25	4,0407	4868,3534
2	10%	50	4,0779	4913,1727
3	15%	25	4,0507	4880,3213
4	15%	50	3,7433	4529,3976
5	20%	25	4,1695	4460,4819
6	20%	50	3,7594	4510,0402

En la **Tabla 9** se muestra el contenido fenólico total y la capacidad antioxidante del bioplástico obtenido del laboratorio Slap Perú SAC.

Tabla 9

Fenoles totales y capacidad antioxidante del bioplástico

Experiencia	X ₁	X ₂	Variables respuesta	
			Fenoles totales (mg Ácido gálico/L)	Capacidad antioxidante (U mol Trolox equivalente/100 g)
1	10%	25	40,06	246,78
2	15%	25	49,29	300,25
3	20%	25	68,41	412,23

Nota: fuente Slap Perú SAC.

5.2 Resultados inferenciales

los resultados fueron evaluados con el uso del software Minitab 18 usando el análisis de varianza ANOVA de dos términos.

Análisis para la influencia de los factores X₁ y X₂ en las pruebas de opacidad.

Tabla 10

Análisis de varianza ANOVA de opacidad

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
x1	2	2,36089	1,18045	9,50	0,003
x2	1	0,00392	0,00392	0,03	0,862
x1*x2	2	0,70360	0,35180	2,83	0,098
Error	12	1,49182	0,12432		
Total	17	4,56023			

De la **Tabla 10**, se observa que el valor de p = 0,003 siendo menor a 0,05 por lo que rechaza la hipótesis que las medias son iguales, entonces el factor X₁ influye significativamente en los valores de opacidad. Por otro lado, el factor X₂ muestra un valor de 0,862 mayor a 0,05 por lo que se aprueba la hipótesis de igualdad

de medias, por lo que se infiere que el factor X_2 no influye en los valores de opacidad.

Tabla 11

Tabla de medias de opacidad

Término	Media ajustada	Error estándar de la media
x1		
1	3,3428	0,144
2	2,5023	0,144
3	2,6770	0,144
x2		
25	2,8260	0,118
50	2,8555	0,118
x1*x2		
1 25	3,0627	0,204
1 50	3,6229	0,204
2 25	2,6965	0,204
2 50	2,3080	0,204
3 25	2,7186	0,204
3 50	2,6354	0,204

Figura 19

Gráficos de residuos para opacidad

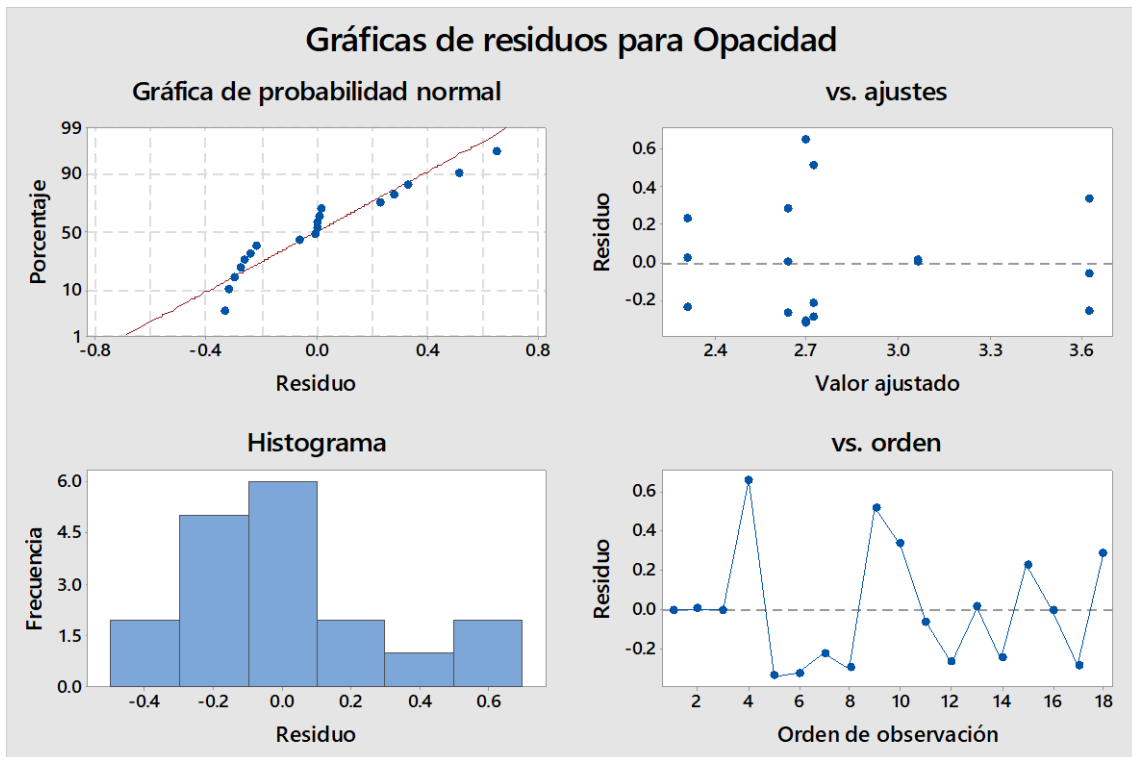
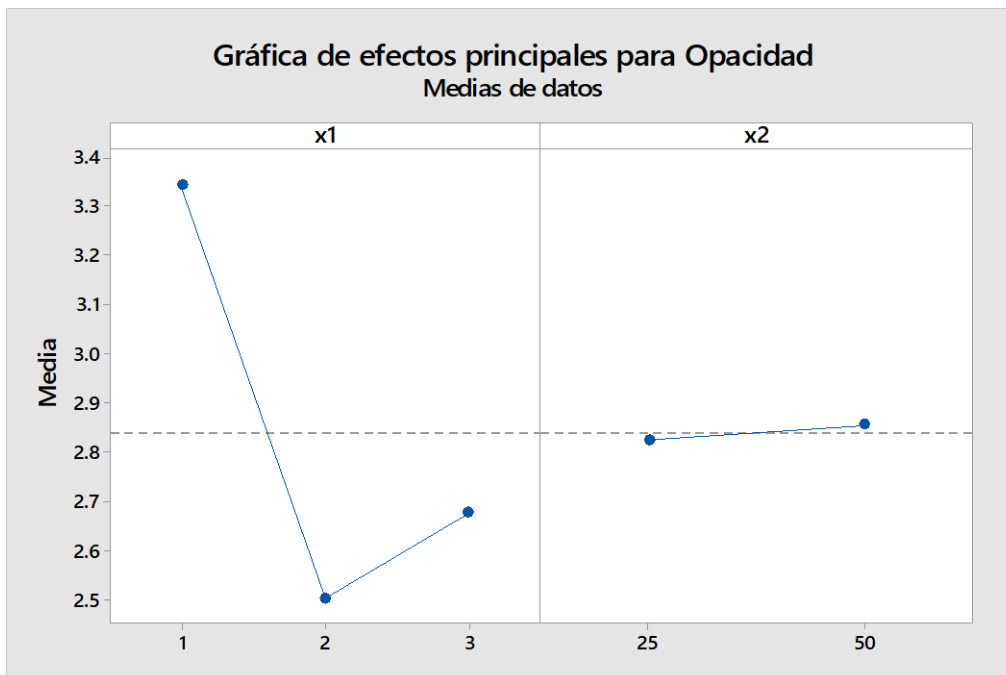


Figura 20

Gráfica de efectos principales de Opacidad



De la **Figura 20 (Ver pag 58)** se observa para el factor X_1 el mayor valor de opacidad promedio para la concentración de 64/16 Q/E es de $3,3428 \text{ nm}^{-1}$, para el factor X_2 de 50°C un valor de $2,8555 \text{ nm}^{-1}$

Análisis para la influencia de los factores X_1 y X_2 en las pruebas de humedad.

Tabla 12

Análisis de varianza ANOVA para humedad

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
x1	2	13,059	6,529	0,58	0,576
x2	1	141,323	141,323	12,49	0,004
x1*x2	2	5,061	2,530	0,22	0,803
Error	12	135,798	11,317		
Total	17	295,241			

De la **Tabla 12** se observa que para el factor X_2 el valor de p es menor de 0,05 por lo tanto es significativamente influyente, X_1 y X_2 no son significativamente influyentes.

Tabla 13

Análisis de medias de humedad

Término	Media ajustada	Error estándar de la media
x1		
1	39,0970	1,37
2	39,8202	1,37
3	41,1534	1,37
x2		
25	37,2215	1,12
50	42,8255	1,12
x1*x2		
1 25	36,4073	1,94
1 50	41,7867	1,94
2 25	37,6041	1,94
2 50	42,0362	1,94
3 25	37,6531	1,94
3 50	44,6537	1,94

Figura 21

Gráficos de residuos para humedad

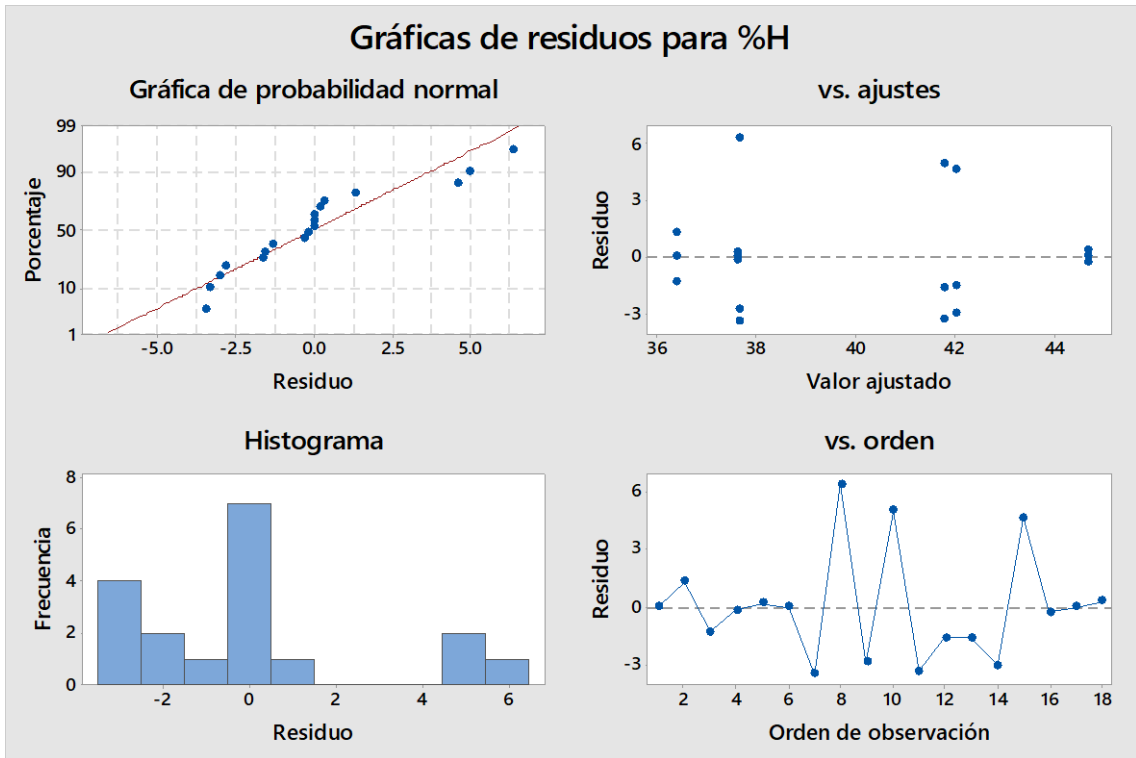
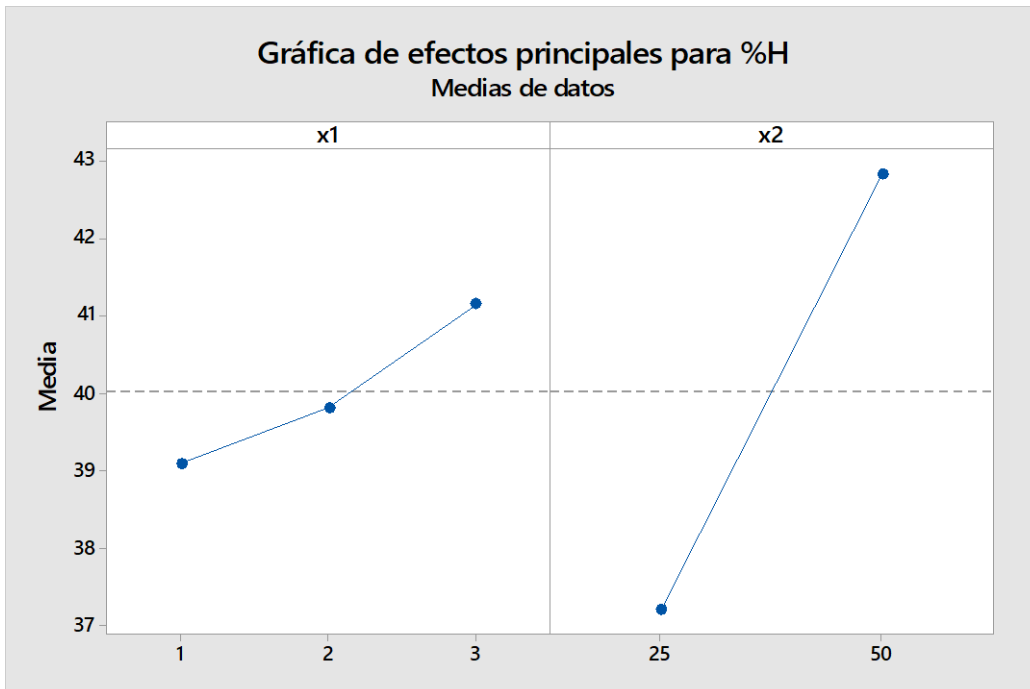


Figura 22

Gráfica de efectos principales para humedad



De la **Figura 22 (Ver pag 60)** se observa para el factor X_1 el mayor valor para humedad promedio es para la concentración de 72/8 Q/E es de 41,1534%, para el factor X_2 de 50°C un valor de 42,8255%

Análisis para la influencia de los factores X_1 y X_2 en las pruebas de solubilidad.

Tabla 14

Análisis de Varianza de solubilidad

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
x1	2	365,53	182,76	3,33	0,071
x2	1	101,66	101,66	1,85	0,198
x1*x2	2	40,35	20,17	0,37	0,700
Error	12	658,44	54,87		
Total	17	1165,98			

De la **Tabla 14** se observan los valores de p para el factor X_1 ligeramente mayor a 0.05 por lo que tanto los factores X_1 y X_2 no son significativamente influyentes.

Tabla 15

Análisis de medias de solubilidad

Término	Media ajustada	Error estándar de la media
x1		
1	52,9190	3,02
2	60,9386	3,02
3	63,4974	3,02
x2		
25	61,4948	2,47
50	56,7418	2,47
x1*x2		
1 25	57,3971	4,28
1 50	48,4408	4,28
2 25	62,4872	4,28
2 50	59,3900	4,28
3 25	64,6001	4,28
3 50	62,3946	4,28

Figura 23

Gráfica de residuos de solubilidad

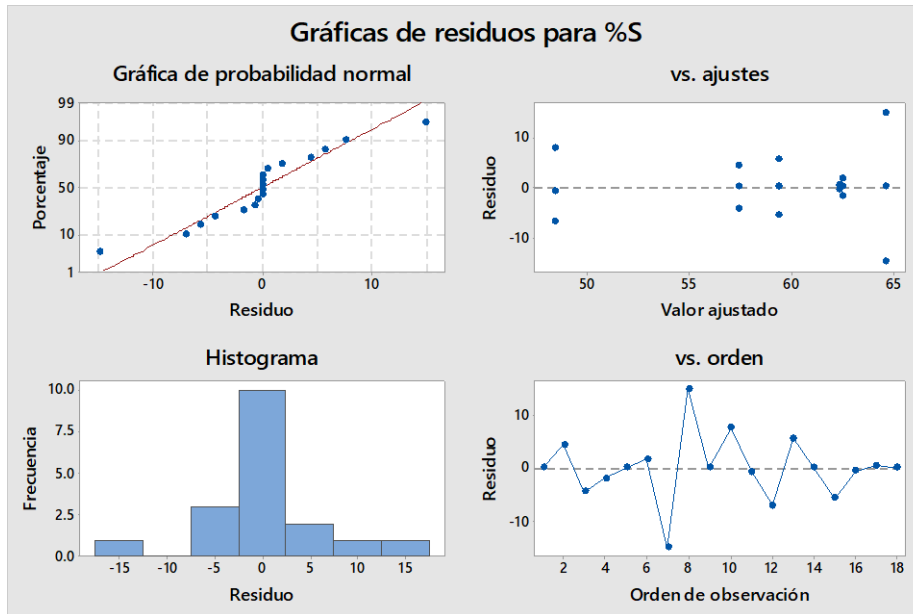
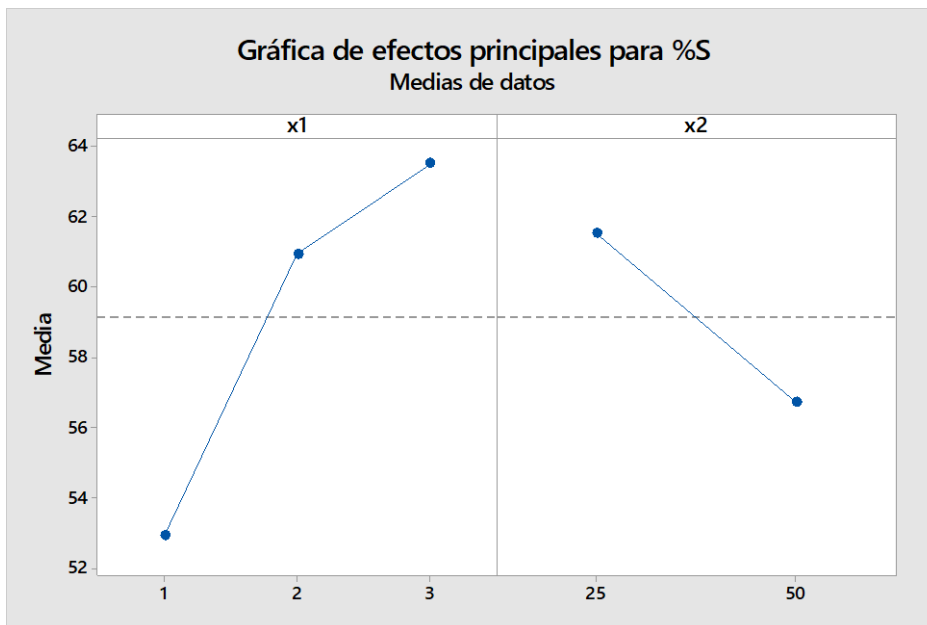


Figura 24

Gráfica de efectos principales



De la **Figura 24** se observa para el factor X_1 el mayor valor de solubilidad promedio para la concentración de 72/8 Q/E es de 63,4974%, para el factor X_2 de 25°C un valor de 61,4948% y menor para 50° de 56,7418%

Análisis para la influencia de los factores X_1 y X_2 en las pruebas de %CRA.

Tabla 16

Análisis de varianza %CRA

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
x1	2	391,0	195,51	4,63	0,032
x2	1	441,9	441,92	10,47	0,007
x1*x2	2	234,3	117,15	2,78	0,102
Error	12	506,6	42,21		
Total	17	1573,8			

De la **Tabla 16** se observan los valores de p para el factor X_1 es menor a 0,05 por lo que tanto es significativamente influyente, el factor X_2 presenta un valor menor a 0,05 por lo tanto también es significativamente influyente.

Tabla 17

Análisis de medias de %CRA

Término	Media ajustada	Error estándar de la media
x1		
1	61,3870	2,65
2	66,3877	2,65
3	72,7754	2,65
x2		
25	61,8951	2,17
50	71,8049	2,17
x1*x2		
1 25	61,1981	3,75
1 50	61,5758	3,75
2 25	57,4725	3,75
2 50	75,3029	3,75
3 25	67,0147	3,75
3 50	78,5361	3,75

Figura 25

Gráficos de residuos generales de %CRA

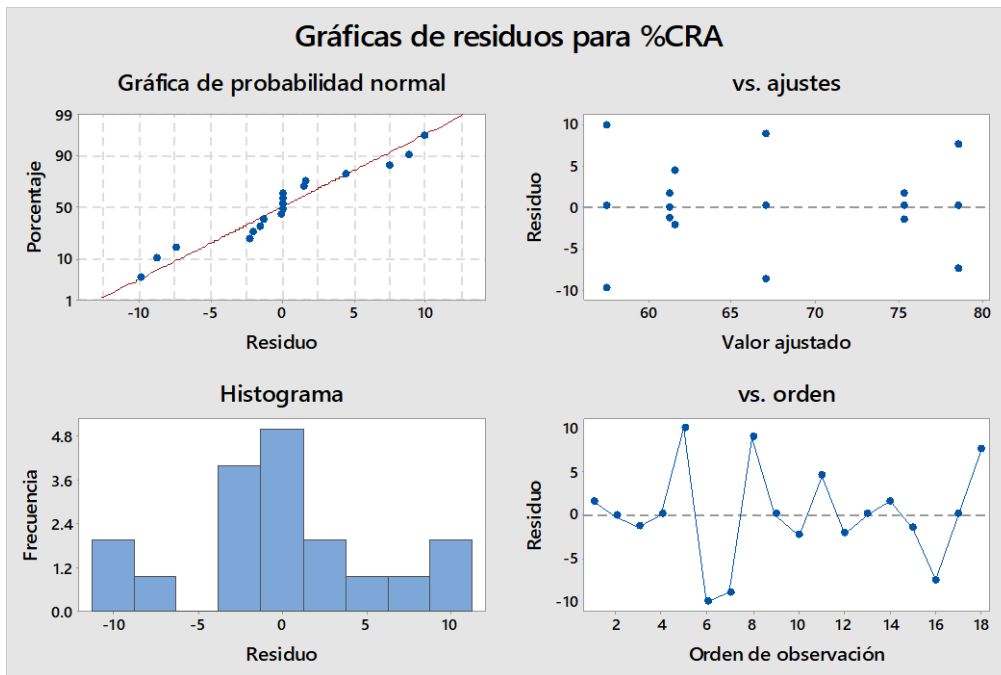
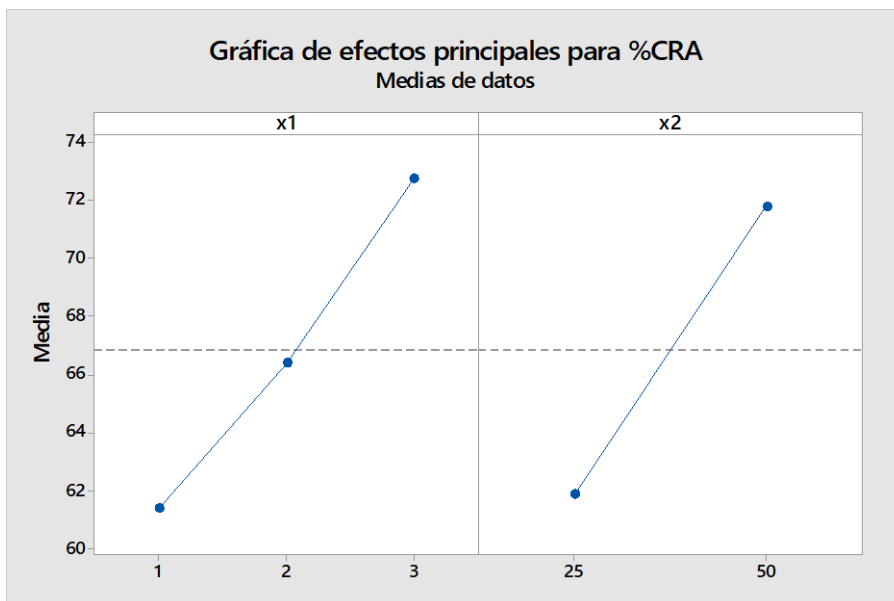


Figura 26

Gráfica de efectos principales para %CRA



De la **Figura 26 (Ver pag 64)** se observa para el factor X_1 el mayor valor de %CRA promedio para la concentración de 72/8 Q/E es de 72,7754%, para el factor X_2 de 50°C un valor de 71,8049%.

Análisis para la influencia de los factores X_1 y X_2 en las pruebas de WVP.

Tabla 18

Análisis de varianza de WVP

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
x1	2	0,000000	0,000000	26,69	0,000
x2	1	0,000000	0,000000	0,40	0,537
x1*x2	2	0,000000	0,000000	2,18	0,156
Error	12	0,000000	0,000000		
Total	17	0,000000			

De la **Tabla 18** se observan los valores de p para el factor X_1 es menor que 0,05 por lo que tanto el factor X_1 es significativamente influyente y el factor X_2 no es significativamente influyentes al tener un valor para p mayor a 0,05

Tabla 19

Análisis de medias de WVP

Término	Media ajustada	Error estándar de la media
x1		
1	0,0000000001222360	0,000000
2	0,0000000001870775	0,000000
3	0,0000000001217405	0,000000
x2		
25	0,0000000001463510	0,000000
50	0,0000000001410183	0,000000
x1*x2		
1 25	0,0000000001362520	0,000000
1 50	0,0000000001082201	0,000000
2 25	0,0000000001884083	0,000000
2 50	0,0000000001857466	0,000000
3 25	0,0000000001143928	0,000000
3 50	0,0000000001290883	0,000000

Figura 27

Gráficos de residuos de WVP

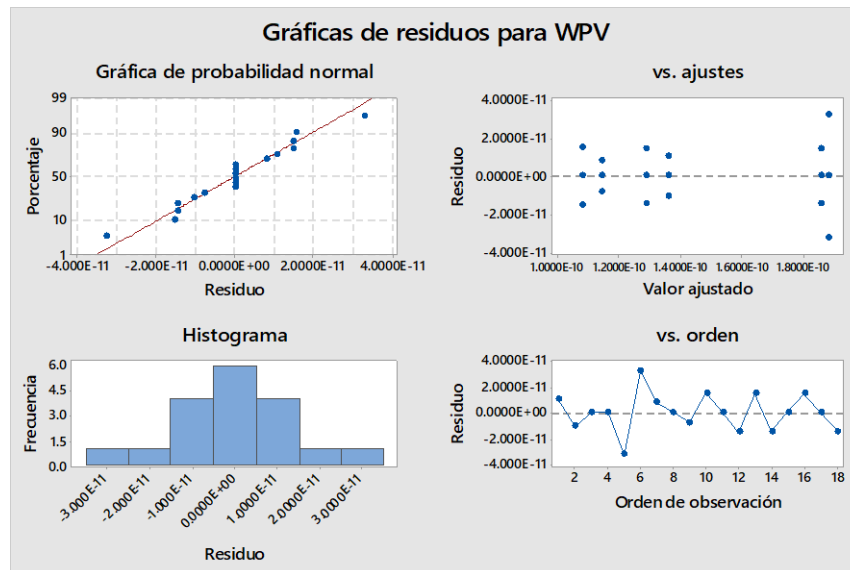
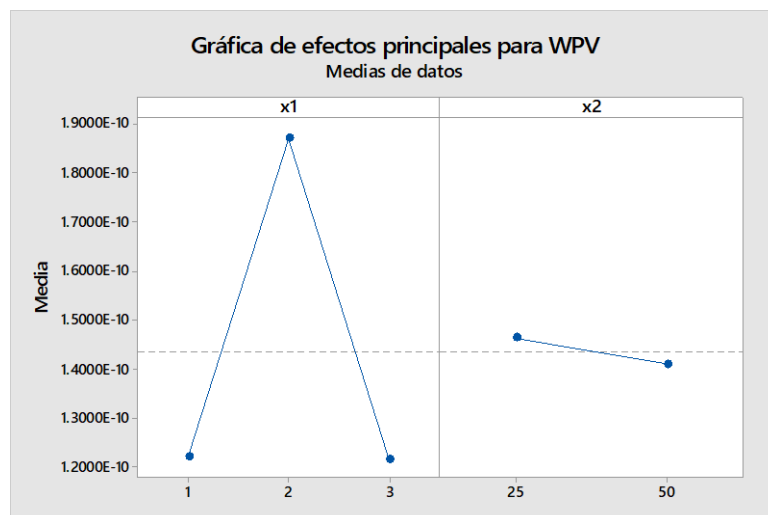


Figura 28

Gráficas de efectos principales para WVP



De la **Figura 28** se observa para el factor X_1 el mayor valor de WVP promedio para la concentración de 68/12 Q/E es de $1,87078E-10$ (g/mHPa), para el factor X_2 de 25°C un valor de $1,46351E-10$ (g/mHPa)

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

Hipótesis general

“El bioplásticos obtenido a base de quitosano y extracto vegetal cumple con las normas de calidad establecidas”.

De acuerdo con la norma ATSM D882–91, se siguieron los lineamientos para la determinación de espesor de las películas menores a 1, mm con el uso de micrómetros. Las tiras deben ser uniformes con un ancho nominal no menor a 5,0 mm debido a que los especímenes angostos alteran los efectos de deformación. Para los módulos de tensión se especifican tamaños de 250 mm como estándar, pero pudiendo ser utilizados también secciones de 100 mm. Los sistemas de agarrare deben minimizar el deslizamiento y distribución desigual de la tensión, en la experiencia se utilizaron trozos de plástico para evitar la ruptura de los bioplásticos en los bordes debido a tornillos en los ajustes principales.

Hipótesis específica

“La proporción de materiales influyen significativamente en las características físicas del bioplástico”.

De acuerdo con los resultados, se verifica que la concentración influye significativamente en la humedad de los bioplásticos, a mayor concentración de extracto disminuyen los valores de humedad de un 41,1534% a un 10% de extracto, hasta un 39,0970% al 20% de extracto, las capacidades antioxidantes aumentaron proporcionalmente con el contenido de extracto con valores de 246,78 Umol ET/100 g para 10% de extracto hasta 412,23 Umol ET/100 g para 20% de extracto. Los valores de opacidad también aumentaron de manera directamente proporcional a la cantidad de extracto de 2,6770nm⁻¹ para 15% hasta 3,34298nm⁻¹ para 20%

“Las temperaturas influyen significativamente en las características físicas del bioplástico”.

La temperatura no fue un factor influyente en la elaboración de los bioplásticos de cuerdo a los resultados obtenidos y las pruebas de variación de medias realizadas.

6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares

En la investigación “Efecto de recubrimientos comestibles a base de quitosano y extractos naturales en la conservación de cerdo”, se obtuvieron comportamientos similares en cuando al efecto de las concentraciones de quitosano y extracto, notando una disminución del espesor base del quitosano de 0,098mm hasta 0,0048 mm, debido a la adición de extractos etanólicos y el aumento de la opacidad con la adición de extractos de $1,69\text{nm}^{-1}$ hasta $7,62\text{nm}^{-1}$.

En la investigación “Influencia de la temperatura y la concentración de quitosano en la producción de películas biodegradables”, se realizaron pruebas de solubilidad a diferentes temperaturas evidenciando que no hay diferencia significativa entre las diferentes medias con valores de 65% a 50°C, hasta 64% a 60°C. En cuanto a sus propiedades mecánicas de fuerza de rotura encontraron que la temperatura influye significativamente, a diferencia de la experiencia presentada donde estadísticamente se comprobó que no se ve influenciada por la temperatura.

6.3 Responsabilidad ética de acuerdo con los reglamentos vigentes

El autor de la investigación se responsabiliza por la información emitida como resultado en la presente investigación, la que fue realizada en concordancia al código de ética y conducta de la Universidad Nacional del Callao, resolución del Consejo Universitario N° 260–2019–CU.

VII. CONCLUSIONES

- 1) Se logró elaborar bioplásticos con propiedades estables, siendo la muestra al 20% de extracto vegetal la que presenta mejores características fisicoquímicas y de transporte.
- 2) Se evaluó el efecto de la concentración del extracto en los bioplásticos con el uso del análisis de Anova, concluyendo que la concentración influye significativamente de manera inversamente proporcional sobre la humedad y capacidad de retención de agua y de manera directamente proporcional a la permeabilidad al vapor de agua, la opacidad, capacidad antioxidante y el contenido fenólico total.
- 3) Se evaluó el efecto de la temperatura con el análisis estadístico Anova concluyendo que la temperatura influye significativamente en la capacidad de retención de agua, humedad de manera directamente proporcional, pero en las diferentes pruebas de solubilidad, densidad, permeabilidad al vapor de agua y opacidad no influye significativamente no siendo un factor determinante para la elaboración de los bioplásticos.

VIII. RECOMENDACIONES

- 1)** Es necesario evaluar el porcentaje de la capacidad antioxidante durante el tiempo de los bioplásticos.
- 2)** Es necesario realizar las pruebas de degradación de los bioplásticos en diferentes medios de acuerdo con las normas establecidas.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Plastics Europe, Un análisis sobre la producción y demanda de residuos de plásticos en Europa (2020).
https://plasticseurope.org/es/wp-content/uploads/sites/4/2021/11/ES_Plastics_the_facts-WEB-2020_May21_final_updatedJuly2021.pdf
- [2] BIANCO, Isso, Moskat. Plásticos en América Latina.
<https://www.no-burn.org/wp-content/uploads/2022/03/Plasticos-en-America-Latina-2022.pdf>
- [3] ATIWESH GHADA, Abanoub, Christopher, Josep, Tuyet-Anh. Environmental impact of bioplastic use: a review (2021).
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844021020211>
- [4] GARCÍA PEREZ, Mario, 2015. Potencialidades de la quitosana como agente antioxidante y antimicrobiano en la industria alimentaria. *Ciencia y Tecnología de Alimentos* [en línea]. La Habana, Cuba, Vol. 25, N° 1, pp. 69-76 [Consulta:22.01.2023]. ISSN 0864-4497. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Mario-Garcia-28/publication/301359069_POTENCIALIDADES_DE_LA_QUITOSANA_COMO_AGENTE_ANTIOXIDANTE_Y_ANTIMICROBIANO_EN_LA_INDUSTRIA_ALIMENTARIA/links/5715703108ae1a840264fc29/POTENCIALIDADES-DE-LA-QUITOSANA-COMO-AGENTE-ANTIOXIDANTE-Y-ANTIMICROBIANO-EN-LA-INDUSTRIA-ALIMENTARIA.pdf
- [5] OROPEZA, Montes, Padrón. Películas biodegradables a base de almidón: propiedades mecánicas, funcionales y biodegradación (2016).
https://www.researchgate.net/publication/309707042_Peliculas_biodegradables_a_base_de_almidon_propiedades_mecanicas_funcionales_y_biodegradacion/link/581ddd2108aeccc08af02771/download

- [6] ROSENBOOM JEAN-GEORG, Robert, Guivanni, (2022). Bioplastic for a circular economy. Nature reviews **[en línea]**. USA, Vol.7, pp. 117-137 **[Consulta:11.01.2023]**. ISSN 2058-8437. Disponible en <https://www.nature.com/articles/s41578-021-00407-8>
- [7] El estado de los plásticos, Perspectiva del día mundial del medio ambiente (2018). https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25513/state_plastics_WED_SP.pdf?isAllowed=y&sequence=5
- [8] MINAM, Decreto supremo que aprueba la reducción del plástico de un solo uso y promueve el consumo responsable del plástico en las entidades del poder ejecutivo (2018). https://doc.contraloria.gob.pe/portal_ecoeficiencia/Diapositivas_y_Documentos_de_Interes/Consumo_responsable_de_plasticos.pdf
- [9] ALETHIA, Rosa, Margarita, Maribel. Bioplásticos y plásticos biodegradables (2021). <https://anipac.org.mx/wp-content/uploads/2021/01/lseviercos.pdf>
- [10] GIMENO CREUS EVA (2004). Compuestos fenólicos un análisis de sus beneficios para la salud. OFFARM **[en línea]** Vol 23, N° 6, pp. 80-84 **[Consulta:26.01.2023]**. ISSN 0212-047X. Disponible en <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-pdf-13063508>
- [11] INMACULADA, Andrés, María, Concepción, Begoña, Angeles, Niuris. Chitosan: an overview of its properties and applications (2021). <https://www.mdpi.com/2073-4360/13/19/3256>
- [12] CELESTE. Bioplásticos a base de quitosano como potencial aplicación en empaque de alimentos (2020). <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/c5a63fc3-df8f-4e73-8e01-f6f64d89db5e/content>

- [13] KENIA. Efecto de recubrimientos comestibles a base de quitosano y extractos naturales en la conservación de carne de cerdo (2020).
- <https://rinacional.tecnm.mx/bitstream/TecNM/3896/1/Kenia%20Concepcion%20del%20Roc%c3%ado%20Canch%c3%a9%20L%c3%b3pez%20962991.pdf>
- [14] LILIA, Gabriel, Kazimierz, Xóchilt, Alejandra. Estimación de la actividad antioxidante de extractos vegetales (2022).
- <https://static1.squarespace.com/static/55564587e4b0d1d3fb1eda6b/t/62460683c1e24e47809f2f16/1648756355511/PP252+---+8-12.pdf>
- [15] DEYVIS, Eddy. Influencia de la temperatura y la concentración de quitosano en la producción de películas biodegradables (2020).
- https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/8993/Cerquera_Gonzales_Antony_Deyvis_y_Gonzales_Chafloque_Jhon_Eddy.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [16] SORAYRA, Efecto de recubrimientos comestibles a base de mucílago extraído de penca de tuna con quitosano en la conservación de arándanos (2022).
- https://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/1177/T_811.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [17] CCACCYA ANA MARÍA, Mercedes, Inés (2019). Estudio comparativo de compuestos bioactivos y cianidina-3 glucósido del maíz morado (*Zea mays* L.) de tres regiones del Perú. Revista de la sociedad química del Perú [**en línea**]. Lima, Perú, vol. 85, N° 2, pp. 206-215 [**Consulta:26.01.2023**]. ISSN 1810-634X. Disponible en
- <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v85n2/a08v85n2.pdf>

- [18] CCORAHUA BAEZ YESSERIA, Letona (2021). Estudio comparativo de fenoles totales y capacidad antioxidante en chicha de jora expendida en picanterías y mercados de la ciudad de Arequipa.
- <http://repositorio.upads.edu.pe/handle/UPADS/279>
- [19] CRAWFORD J. Roy, Martin (2016). Plastics engineering. Cuarta edición.
- <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=aci2DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=plastics+pdf&ots=d-ycTkBWne&sig=A9MJgQ9YAMiSIZ0yP1RB2MhkQac#v=onepage&q&f=false>
- [20] GONZALES PROLONGO. Propiedades químicas y físicas de polímeros (1997).
- https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/9641/CC_32_art_3.pdf;sequence=1
- [21] MARGARITA SAN ANDRÉS Ruth, Marisa. Factores responsables de la degradación química de los polímeros. Efectos provocados por la radiación lumínica sobre algunos materiales utilizados en conservación: primeros resultados (2021).
- <https://www.culturaydeporte.gob.es/dam/jcr:d7cb6b8e-3c5f-41d4-8726-6894ea9ea575/factrespxireinasof.pdf>
- [22] M. BELTRÁN, Marcilla (2012). Tecnología de polímeros: Estructura y propiedades de los polímeros. Universidad de Alicante.
- <https://core.ac.uk/reader/16369100>
- [23] MEIRA GREGORIO, Gugliotta (2019). Polímeros una introducción a su caracterización y a la ingeniería de la polimerización. 1ª ed. (pp. 23-24). Ediciones UNL
- https://www.fiq.unl.edu.ar/institucional/wp-content/uploads/sites/3/2021/08/Meira-y-Gugliotta_Digital-solo-cap.-1.pdf

- [24] FLORES VALDEZ JUANITA, Galindo, Múzquiz, María de Jesús (2021). Los biopolímeros y sus aplicaciones. Ciencia abierta **[en línea]** Monclova, Coahuila, México N° 66 pp. 61-62 **[consultada: 29.01.2023]** ISSN 2683-1848. Disponible en <http://www.cienciacierta.uadec.mx/articulos/CC66/biopolimerosyaplicaciones.pdf>
- [25] EZRI BEZIRHAN ARIKAN, Havva (2015). A Review: Investigation of bioplastics. Journal of civil engineering and architecture **[en línea]** Turquía Vol. 9, pp. 182-192 **[consultada: 29.01.2023]** ISSN 1934-7359. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/H-Duygu-Bilgen/publication/277593613_A_Review_Investigation_of_Bioplastics/links/5de769c7a6fdcc28370365cb/A-Review-Investigation-of-Bioplastics.pdf
- [26] SOLANO DOBLADO LUZ, Alamilla, Jiménez (2018). Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. Revista especializada en ciencias químico-biológicas **[en línea]** México Vol. 21, N° 2, pp. 30-42 **[consultada: 7.02.2030]** ISSN 2395-8723. Disponible en <https://www.medigraphic.com/pdfs/revespciequibio/cqb-2018/cqbs182c.pdf>
- [27] ARZU CAGRI, Zeynep, Elliot (2004). Antimicrobial edible films and coatings. Journal of food and protection **[en línea]** Michigan Vol. 67, N° 4, pp. 833-848 **[consultada: 7.02.2023]** ISSN 0362-028X. Disponible en <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0362028X22034962?token=B48F9EBB4C211BB9E414D8194067E46879ED665AD4BE11D836A8CF4CF81C6EB1A7F1399A95B632F839C7F023468722ED&originRegion=us-east-1&originCreation=20230205141426>
- [28] A. MONROY VILLAGRANA, Cano, Alamilla, Hernández, Gutiérrez (2014). Optimización acoplada Taguchi-rsm de las condiciones de emulsificación

por microfluidización de α -tocoferol en una matriz de goma arábica y maltodextrina. Revista mexicana de ingeniería química **[en línea]** México Vol. 13, N° 3, pp. 679-688 **[consultada: 7.02.2023]** ISSN 2395-8472. Disponible en

<https://www.scielo.org.mx/pdf/rmiq/v13n3/v13n3a3.pdf>

[29] A. JAWOREK, Sobczyk (2008). Electrospraying route to nanotechnology: and overview. Journal of electrostatics **[en línea]** Polonia Vol. 66, N° 3 y 4, pp. 197-219 **[consultada: 7.02.2013]** ISSN 0304-3886. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304388608000028?via%3Dihub>

[30] ESCOBAR D, Sala, Silvera, Harispe, Márquez (2009). Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo: estudio de dos métodos de elaboración y uso de sorbato de potasio como conservador. INNOTECH **[en línea]** Uruguay N° 4, pp. 33-36 **[consultada: 07.02.2023]** ISSN 1688-6593. Disponible en <https://ojs.latu.org.uy/index.php/INNOTECH/article/view/51/42>

[31] BELTRÁN RICO MARÍA. Los procesos de gelificación y descomposición de los plastisoles de PVC por FTIR y TG. Análisis de la influencia del tipo de resina, plastificante, composición y otras variables (1995). <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/3290/1/Beltran-Rico-Maria-Isabel.pdf>

[32] ZULAY MÁRMOL, Paez, Rincón, Araujo, Aiello, Chandler, Gutiérrez. Quitina y quitosano polímeros amigables. Una revisión de sus aplicaciones (2011). Revista tecnocientífica URU **[en línea]** Maracaibo, Venezuela N° 1, pp. 53-58 **[consultada: 07.02.2023]** ISSN 2244-775X. Disponible en <http://revencyt.ula.ve/storage/repo/ArchivoDocumento/rtcuru/n1/art06.pdf>

[33] CHAWLA S. P., Kannatt, Sharma Chitosan (2014).

https://www.researchgate.net/publication/284921454_Chitosan

- [34] HERNÁNDEZ CURBELO CARIDAD, PALACIO, FANEGO (2021). Desacetilación de quitina obtenida por vía química de exoesqueletos de camarón *litopenaeus vannamei*. Revista centro azúcar **[en línea]** La Habana, Cuba Vol. 48, N° 3, pp. 53-61 **[consultado: 7.02.2023]** ISSN 2223-4861. Disponible en

<http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v48n3/2223-4861-caz-48-03-53.pdf>

- [35] LÁREZ VELÁSQUEZ CRISTÓBAL (2003). Algunos usos del quitosano en sistemas acuosos. Revista iberoamericana de polímeros **[en línea]** Venezuela Vol. 4, N° 2, pp. 91-109 **[consultada: 7.02.2023]** ISSN 1988-4206. Disponible en

[https://www.researchgate.net/profile/Cristobal-Larez-](https://www.researchgate.net/profile/Cristobal-Larez-Velasquez/publication/235791932_ALGUNOS_USOS_DEL_QUITOSANO_EN_SISTEMAS_ACUOSOS/links/09e415138b27c9dc37000000/ALGUNOS-USOS-DEL-QUITOSANO-EN-SISTEMAS-ACUOSOS.pdf)

[Velasquez/publication/235791932_ALGUNOS_USOS_DEL_QUITOSANO_EN_SISTEMAS_ACUOSOS/links/09e415138b27c9dc37000000/ALGUNOS-USOS-DEL-QUITOSANO-EN-SISTEMAS-ACUOSOS.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Cristobal-Larez-Velasquez/publication/235791932_ALGUNOS_USOS_DEL_QUITOSANO_EN_SISTEMAS_ACUOSOS/links/09e415138b27c9dc37000000/ALGUNOS-USOS-DEL-QUITOSANO-EN-SISTEMAS-ACUOSOS.pdf)

- [36] GIRALDO JUAN D. Propiedades, obtención, caracterización y aplicaciones del quitosano (2015)

https://www.researchgate.net/publication/277302110_PROPIEDADES_OBTENCION_CARACTERIZACION_Y_APLICACIONES_DEL_QUITOSANO

- [37] SCHREIBER STEPHANIE B., Bozell, Hayes, Zivanovic (2013). Introduction of primary antioxidant activity to chitosan for application as a multifunctional food packaging material. Food hydrocolloids **[en línea]** Tennessee Usa Vol 33, N° 2, pp. 207-214 **[consultada: 7.02.2023]** ISSN 0268-005X. Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X1300088X>

- [38] GUTIÉRREZ ARTUNDUAGA SANDRA. Los aditivos en los materiales plásticos (2002).

https://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/897/986

- [39] DEBANDI MARÍA V., Bernal, Francois. Influencia del agregado de plastificante en películas de quitosano (2014).

https://www.researchgate.net/publication/305251502_Influencia_del_agregado_de_plastificante_en_películas_de_quitosano

- [40] BOSQUES MOLINA E., VERNON (2005). Efecto plastificante y calcio en la permeabilidad al vapor de agua de películas a base de goma mezquite y cera de candelilla. Revista mexicana de ingeniería química [en línea] México Vol. 4, pp. 157-162 [consultada: 7.02.2023] ISSN 1665-2738. Disponible en

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62040203>

- [41] MARTINEZ FLOES S., GONZALES, CULEBRAS, TUÑÓN (2002). Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. Nutrición Hospitalaria [en línea] España Vol. 17, N° 6, pp. 271-278 [consultada: 7.02.2023] ISSN 0212-1611. Disponible en

<http://www.nutricionhospitalaria.com/pdf/3338.pdf>

- [42] SÁNCHEZ HUAUYA ISMAEL. Efecto de la temperatura y tiempo en la cinética de degradación térmica de las antocianinas del néctar de arándano (*vaccinium corymbosum* L.) (2018).

http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/3390/1/TESIS%20AI174_San.pdf

- [43] GARZÓN GLORIA ASTRID (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos. Acta biológica colombiana [en línea] Colombia Vol. 13, N° 3, pp. 27-36 [consultada: 07.02.2023] ISSN 1900-1649. Disponible en

<http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v13n3/v13n3a2.pdf>

- [44] KENTARO MORI, Yamamoto, Kitayama, Hashizume. Loss of anthocyanins in red-wine grape under high temperature (2007).

[https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17452755/#:~:text=High%20temperature%20\(maximum%2035%20degrees,\(maximum%2025%20degrees%20C](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17452755/#:~:text=High%20temperature%20(maximum%2035%20degrees,(maximum%2025%20degrees%20C)

- [45] SANDOVAL RAFAEL ALICIA AURORA. Cinética de la degradación térmica de antocianinas en zumos pasteurizados de granada (*Punica granatum*) y arándano (*Vaccinium myrtillus*).

<https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/519/BC- TES-4807.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- [46] FERREIRA OZELA ELIANA, Stringheta, Cano (2007). Stability of anthocyanin in spinach vine (*Basella rubra*) fruits. *Ciencia e investigación agraria* [en línea] Brazil Vol. 34, N° 2, pp. 115-120 [Consultada: 7.02.2023] ISSN 0718-1620. Disponible en

<https://www.scielo.cl/pdf/ciagr/v34n2/art04.pdf>

- [47] VALERO VALDIVIESO, MANUEL FERNANDO. Biopolímeros avances y perspectivas (2013).

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532013000500019

- [48] LABEAGA VITERI AITZIBER, Polímeros biodegradables. Importancia y potenciales aplicaciones (2018).

<http://e-spacio.uned.es/fez/view/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Alabeaga>

- [49] REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Diccionario de la lengua española (2022) <https://dle.rae.es/biocompatibilidad>

- [50] CAHUANA SANCHEZ JOSE. Comparación de condiciones para la degradabilidad de biopolímero, plásticos oxo-biodegradables y polietileno de baja densidad (2019).

https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/2433/Jose_Trabajo_Bachiller_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- [51] FLORES CARLOS (2009). Polímeros vs plásticos. Universidad Rafael Landivar **[en línea]** Guatemala N° 14, pp. 51-60 **[consultada: 07.02.2023]** ISSN 2076-3166. Disponible en https://fgsalazar.net/LANDIVAR/ING-PRIMERO/boletin14/URL_14_MEC01.pdf
- [52] BAX BEN, Chung, Edge. Getting the chemistry right: protonation, tautomers and the importance of H atoms in biological chemistry (2017). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5297916/>
- [53] CRUZ MORFIN R., MARTINEZ, LÓPEZ. Biopolímeros y su integración con polímeros convencionales como alternativa de empaque de alimentos (2018) https://nanopdf.com/download/biopolimeros-y-su-integracion-con-polimeros-convencionales-como_pdf
- [54] FERNÁNDEZ JAVIER, Ignber. Manufacturing of large-scale functional objects using biodegradable chitosan bioplastic (2014). <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/mame.201300426>
- [55] HERNÁNDEZ SAMPIERI ROBERTO, Fernández, Baptista (2014). Metodología de la investigación. 6ª ed. McGraw-Hill <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- [56] Consejo nacional de ciencia tecnología e innovación tecnológica CONCYTEC <https://www.gob.pe/concytec>
- [57] Genskowsky, Puente, Alvarez, Lopez, Muñoz, Martos (2015). Assessment of antibacterial and antioxidant properties of Chitosan edible films incorporated with maqui Berry (*Aristotelia chilensis*). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643815300438?via%3Dihub>

- [58] Wang, Guo, Hao, Ullah, Chen, Li, Feng. Development and characterization of agar-based edible films reinforced with nano-bacterial cellulose (2018).

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29944938/>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“CARACTERÍSTICAS DE UN BIOPLÁSTICO CON PROPIEDADES ANTIOXIDANTES A PARTIR DE QUITOSANO Y EXTRACTO VEGETAL”

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Dependiente	Indicadores	Metodología
¿Como se deberá caracterizar el bioplástico obtenido a partir de quitosano y extracto vegetal?	Determinar las propiedades fisicoquímicas, mecánicas, de transporte, antioxidantes y biodegradabilidad de los bioplásticos obtenidos a partir de quitosano y extracto vegetal.	El bioplásticos obtenido a base de quitosano y extracto vegetal cumple con las normas de calidad establecidas.	Características físicas del bioplástico Dimensiones: - Pruebas mecánicas -Tiempo de degradación -Propiedades fisicoquímicas -Propiedades de transporte -Actividad antioxidante	Resistencia a la elongación rasgado Densidad % humedad % Solubilidad en agua Biodegradabilidad Propiedades de transporte %DPPH	Tipo de investigación: Cuantitativa, aplicada Nivel de investigación: causa-efecto Diseño: Experimental
Problemas Específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variable Independiente	Indicadores	
¿De qué manera influyen las cantidades de quitosano y extracto vegetal en la elaboración del bioplástico? ¿De qué manera influye la temperatura en la elaboración del bioplástico?	Determinar la influencia de la proporción de materiales para la elaboración del bioplástico. Determinar la temperatura para la elaboración del bioplástico.	La proporción de materiales influyen significativamente en las características físicas del bioplástico. La temperatura influye significativamente en las características físicas del bioplástico.	Proceso de elaboración del bioplástico Dimensiones: Proporción de materiales extracto/quitosano Temperatura	10% 15% 20% 25 °C 50°C	

ANEXO 2

Ensayos de laboratorio para las pruebas de fenoles totales y capacidad antioxidante



SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS
S.A.C. SLAB

INFORME DE ENSAYO IE-2023-0224

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1 Cliente : EBERTH QUINTANILLA CABEZAS
1.2 RUC o DNI : 43288913
1.3 Dirección : No Precisa

2. DATOS DE LA MUESTRA

2.1 Producto : MUESTRA LÍQUIDA
2.2 Muestreado por : CLIENTE
2.3 Número de Muestras : 03
2.4 Fecha de Recepción : 2023-03-25
2.5 Período de Ensayo : 2023-03-27 al 2023-04-05

3. ENSAYO SOLICITADO - METODOLOGÍA UTILIZADA

ENSAYO	MÉTODO
Determinación de Capacidad antioxidante	Método: Amao, Marino y Cano 2001
Determinación de Fenoles Totales	Espectrofotometría UV Visible

KATHERINE
CORAL PERALTA
Ingeniera Química
CIP N° 276377

Jefe de Laboratorio

- Sin la aprobación del laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
- Los resultados de los ensayos se aplican a la muestra cómo se recibió y no se deben usar como una declaración de conformidad con una especificación o normas de productos de la entidad que lo produce.
- El laboratorio no es responsable de la información que ha sido identificada como suministrada por el cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.

4. RESULTADOS

4.1. DESCRIPCIÓN DE MUESTRA ^(a):

Código de Laboratorio	Descripción de muestras
S-0571	MUESTRA A 20% E/Q FP: 24/03/2023 V: 30ML
S-0572	MUESTRA B 15% E/Q FP: 24/03/2023 V: 30ML
S-0573	MUESTRA C 10% E/Q FP: 24/03/2023 V: 30ML

4.2. RESULTADOS DE ANÁLISIS

Tabla N°1: RESULTADOS OBTENIDOS

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	LC	Resultados
S-0571	Determinación de Capacidad antioxidante	umol Trolox equivalente/100g	-	412.23
	Determinación de Fenoles Totales	mg Ácido Gálico/L	0.50	68.41
S-0572	Determinación de Capacidad antioxidante	umol Trolox equivalente/100g	-	300.25
	Determinación de Fenoles Totales	mg Ácido Gálico/L	0.50	49.29
S-0573	Determinación de Capacidad antioxidante	umol Trolox equivalente/100g	-	246.78
	Determinación de Fenoles Totales	mg Ácido Gálico/L	0.50	40.06

^(a) Información suministrada por el cliente.

FIN DE DOCUMENTO

- Sin la aprobación del laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
- Los resultados de los ensayos se aplican a la muestra o como se recibió y no se deben usar como una declaración de conformidad con una especificación o normas de productos de la entidad que lo produce.
- El laboratorio no es responsable de la información que ha sido identificada como suministrada por el cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.

ANEXO 3

Valores obtenidos de los espesores de los bioplásticos.

Tabla 20

Datos del espesor de los bioplásticos

N°	X ₁	X ₂	e1	e2	e3	e4	e5	Espesor medio (mm)
1	1	25	0.090	0.030	0.050	0.045	0.055	0.0540
2	1	25	0.050	0.030	0.100	0.020	0.100	0.0600
3	1	25	0.035	0.040	0.040	0.090	0.050	0.0510
4	2	25	0.070	0.035	0.030	0.045	0.035	0.0430
5	2	25	0.040	0.045	0.080	0.065	0.045	0.0550
6	2	25	0.115	0.020	0.050	0.030	0.090	0.0610
7	3	25	0.045	0.065	0.050	0.060	0.050	0.0540
8	3	25	0.040	0.090	0.035	0.060	0.095	0.0640
9	3	25	0.060	0.070	0.035	0.030	0.040	0.0470
10	1	50	0.010	0.015	0.040	0.115	0.030	0.0420
11	1	50	0.040	0.055	0.0115	0.060	0.040	0.0413
12	1	50	0.060	0.035	0.035	0.040	0.040	0.0420
13	2	50	0.095	0.060	0.040	0.050	0.095	0.0680
14	2	50	0.090	0.125	0.010	0.050	0.040	0.0630
15	2	50	0.030	0.110	0.040	0.050	0.040	0.0540
16	3	50	0.030	0.045	0.055	0.060	0.045	0.0470
17	3	50	0.035	0.04	0.030	0.150	0.040	0.0590
18	3	50	0.040	0.05	0.035	0.055	0.055	0.0470

ANEXO 4

Valores obtenidos para la opacidad de los bioplástico.

Tabla 21

Datos de opacidad de los bioplásticos

Nº	X ₁	X ₂	Opacidad (mm-1)
1	1	25	3.0627
2	1	25	3.0667
3	1	25	3.0588
4	2	25	3.3488
5	2	25	2.3636
6	2	25	2.3770
7	3	25	2.5000
8	3	25	2.4219
9	3	25	3.2340
10	1	50	3.9524
11	1	50	3.5593
12	1	50	3.3571
13	2	50	2.3235
14	2	50	2.0635
15	2	50	2.5370
16	3	50	2.6354
17	3	50	2.3559
18	3	50	2.9149

ANEXO 5

Valores de humedad para los bioplásticos.

Tabla 22

Datos de Humedad de los bioplásticos

N°	X ₁	X ₂	Peso de las placas Petri (g)	Peso de muestra húmeda (g)	Peso de muestra en placas (g)	Peso de muestra seca (g)	%H
1	1	25	45.8574	0.1181	45.9475	0.0901	23.7087
2	1	25	46.8975	0.1034	46.9619	0.0644	37.7176
3	1	25	43.1524	0.1134	43.226	0.0736	35.0970
4	2	25	42.8384	0.1125	42.9088	0.0704	37.4222
5	2	25	38.2998	0.1093	38.3678	0.068	37.7859
6	2	25	36.7729	0.1012	36.824	0.0511	49.5059
7	3	25	38.2701	0.1080	38.3412	0.0711	34.1667
8	3	25	44.4151	0.1157	44.4799	0.0648	43.9931
9	3	25	40.0366	0.1023	40.1033	0.0667	34.7996
10	1	50	43.3442	0.1095	43.4025	0.0583	46.7580
11	1	50	42.9175	0.1197	42.9912	0.0737	38.4294
12	1	50	39.967	0.1043	40.0294	0.0624	40.1726
13	2	50	44.1491	0.1068	44.2127	0.0636	40.4494
14	2	50	44.9146	0.1105	44.982	0.0674	39.0045
15	2	50	44.2582	0.1121	44.318	0.0598	46.6548
16	3	50	46.8572	0.1161	46.9218	0.0646	44.3583
17	3	50	39.8655	0.1112	39.9422	0.0767	31.0252
18	3	50	42.3312	0.1079	42.3906	0.0594	44.9490

ANEXO 6

valores de solubilidad de los bioplásticos obtenidos.

Tabla 23

Datos de porcentaje de solubilidad de los bioplásticos

N°	X ₁	X ₂	Peso de placas (g)	P ₀ (g)	Peso de muestra en placas (g)	P _f (g)	%S
1	1	25	45.8574	0.0371	45.8815	0.0241	35.0404
2	1	25	46.8975	0.0406	46.9130	0.0155	61.8227
3	1	25	43.1524	0.0387	43.1706	0.0182	52.9716
4	2	25	42.8384	0.0384	42.8535	0.0151	60.6771
5	2	25	38.2998	0.0430	38.3159	0.0161	62.5581
6	2	25	36.7729	0.0724	36.7988	0.0259	64.2265
7	3	25	38.2701	0.0372	38.2888	0.0187	49.7312
8	3	25	44.4151	0.0565	44.4267	0.0116	79.4690
9	3	25	40.0366	0.0392	40.0613	0.0247	36.9898
10	1	50	43.3442	0.0280	43.3565	0.0123	56.0714
11	1	50	42.9175	0.0291	42.9327	0.0152	47.7663
12	1	50	39.9670	0.0229	39.9804	0.0134	41.4847
13	2	50	44.1491	0.0303	44.1597	0.0106	65.0165
14	2	50	44.9146	0.0738	44.9298	0.0152	79.4038
15	2	50	44.2582	0.0465	44.2797	0.0215	53.7634
16	3	50	46.8572	0.0628	46.8811	0.0239	61.9427
17	3	50	39.8655	0.0541	39.8856	0.0201	62.8466
18	3	50	42.3312	0.0399	42.3479	0.0167	58.1454

ANEXO 7

Valores de densidad y %CRA de las películas de bioplástico.

Tabla 24

Datos de densidades y %CRA de los bioplásticos

N°	X ₁	X ₂	Área (cm ²)	P ₀ (g)	Espesor (cm)	Densidad (g/cm ³)	Peso mojado (g)	%CRA
1	1	25	4	0.0228	0.0054	1.0556	0.0371	62.7193
2	1	25	4	0.0154	0.006	0.6417	0.0248	61.0390
3	1	25	4	0.0244	0.0051	1.1961	0.0390	59.8361
4	2	25	4	0.0377	0.0043	2.1919	0.0495	31.2997
5	2	25	4	0.0132	0.0055	0.6000	0.0221	67.4242
6	2	25	4	0.0242	0.0061	0.9918	0.0357	47.5207
7	3	25	4	0.0184	0.0054	0.8519	0.0291	58.1522
8	3	25	4	0.0228	0.0064	0.8906	0.0401	75.8772
9	3	25	4	0.0209	0.0047	1.1117	0.0269	28.7081
10	1	50	4	0.0243	0.0042	1.4464	0.0387	59.2593
11	1	50	4	0.0262	0.00413	1.5860	0.0435	66.0305
12	1	50	4	0.0249	0.0042	1.4821	0.0397	59.4378
13	2	50	4	0.0311	0.0068	1.1434	0.0418	34.4051
14	2	50	4	0.0255	0.0063	1.0119	0.0451	76.8627
15	2	50	4	0.0358	0.0054	1.6574	0.0622	73.7430
16	3	50	4	0.0435	0.0047	2.3138	0.0744	71.0345
17	3	50	4	0.0353	0.0059	1.4958	0.052	47.3088
18	3	50	4	0.0265	0.0047	1.4096	0.0493	86.0377

ANEXO 8

Resultados de las fuerzas de ruptura y porcentaje de elongación %E de los bioplásticos

Tabla 25

Datos de fuerza de rotura y resistencia a la tracción

N°	X ₁	X ₂	Fuerza rotura (N)	Resistencia a la tensión (N/m ²)
1	-	-	-	-
2	1	25	4.1695	5023.4940
3	1	25	3.2349	3897.4699
4	2	25	3.9557	4765.9036
5	2	25	3.9444	4752.2892
6	2	25	4.2519	5122.7711
7	3	25	4.2986	5179.0361
8	3	25	4.1601	5012.1687
9	3	25	3.6635	4413.8554
10	-	-	-	-
11	1	50	3.6812	4435.1807
12	1	50	3.8376	4623.6145
13	2	50	3.8147	4596.0241
14	2	50	3.9668	4779.2771
15	2	50	3.4485	4154.8193
16	3	50	3.8109	4591.4458
17	3	50	4.1504	5000.4819
18	3	50	4.2725	5147.5904

ANEXO 9

En la **Tabla 16 (Ver pag 63)** se muestran los coeficientes de vapor de agua CTVA y la permeabilidad al vapor de agua WPA.

Tabla 26

Valores de los coeficientes de vapor de agua y transferencia de vapor de agua

N°	X ₁	X ₂	Pend. (g/H)	Área de la película (cm ²)	CTVA (g/m ²)	WPA (g/mHPa)
1	1	25	-0.0048	4.39812	0.0010913	1.47E-10
2	1	25	-0.0037	4.39812	0.0008412	1.26E-10
3	2	25	-0.005	4.39812	0.0011368	1.56E-10
4	2	25	-0.0064	4.39812	0.0014551	2.21E-10
5	3	25	-0.004	4.39812	0.0009094	1.22E-10
6	3	25	-0.004	4.39812	0.000909479	1.06E-10
7	1	50	-0.0052	4.39812	0.0011823	1.24E-10
8	1	50	-0.0039	4.39812	0.0008867	9.28E-11
9	2	50	-0.0052	4.39812	0.0011823	2.00E-10
10	2	50	-0.0048	4.39812	0.0010913	1.71E-10
11	3	50	-0.0054	4.39812	0.0012277	1.44E-10
12	3	50	-0.0043	4.39812	0.0009776	1.14E-10