



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA BIOQUÍMICA Y FARMACIA

OBTENCIÓN DE PLÁSTICOS BIODEGRADABLES DE CHIRIVÍA
(*Pastinaca sativa*) Y DE OCA (*Oxalis tuberosa*) PARA EL USO EN LA
INDUSTRIA ALIMENTARIA

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

AUTOR: MAYRA PAULINA COLCHA FLORES

DIRECTORA: Ing. VIOLETA MARICELA DALGO FLORES, Mgs.

Riobamba – Ecuador

2022

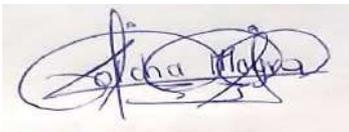
©2022, Mayra Paulina Colcha Flores

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

Yo, MAYRA PAULINA COLCHA FLORES, declaro que el presente trabajo de integración curricular es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 13 de abril de 2022

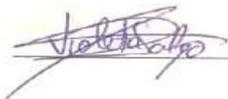
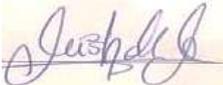
A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Mayra Paulina Colcha Flores', enclosed within a circular scribble.

Mayra Paulina Colcha Flores

060483555-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA BIOQUÍMICA Y FARMACIA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Trabajo Experimental, **OBTENCIÓN DE PLÁSTICOS BIODEGRADABLES DE CHIRIVÍA (*Pastinaca sativa*) Y DE OCA (*Oxalis tuberosa*) PARA EL USO EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA**, realizado por la señorita: **MAYRA PAULINA COLCHA FLORES**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de integración curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dr. Galo Alberto Insuasti Castelo, Mgs. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-04-13
Ing. Violeta Maricela Dalgo Flores, Mgs. DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-04-13
BQCL. Mishell Carolina Moreno Samaniego, MSc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-04-13

DEDICATORIA

Este trabajo dedico en primer lugar a Dios por haberme dado la sabiduría y entendimiento necesario para llegar a esta etapa, por siempre derramar sus bendiciones sobre mí y hacer posible lo que para mí era imposible.

Con mucho cariño y amor a los seres más importantes en mi vida mis amados padres Ángel y Silvia, personas que nunca dejaron de creer en mí, quienes me apoyaron desde mi niñez y durante toda mi formación académica con los recursos necesarios, pero sobre todo con sus consejos y apoyo incondicional.

A mis hermanos Edwin, Danilo y Henry por ser mi fuente de inspiración, por sus palabras de apoyo en momentos de angustia y desesperación.

Mayra

AGRADECIMIENTO

A mis queridos padres quienes son el eje primordial de mi vida, ya que de ellos aprendí que con esfuerzo y dedicación se consigue lo que se quiere, por la ayuda económica y apoyo incondicional que siempre me brindaron, por sus palabras de aliento y ánimo cuando más lo necesitaba.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Bioquímica y Farmacia, por haberme brindado sabios conocimientos durante mi formación académica.

A la Ing. Violeta Dalgo, por su tiempo y guía en la elaboración de esta tesis.

A mis Profesores de toda mi carrera universitaria por su tiempo y conocimientos impartidos.

Mayra

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO.....	3
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Bioplásticos.....	4
1.2.1. <i>Clasificación por su proceso de fabricación</i>	4
1.2.2. <i>Componentes para la elaboración de bioplásticos</i>	4
1.2.2.1. <i>Plastificante</i>	4
1.2.2.2. <i>Modificadores químicos</i>	5
1.2.2.3. <i>Desmoldante</i>	5
1.3. Aplicaciones de polímeros biodegradables.....	6
1.4. Biodegradación del bioplástico.....	6
1.5. Almidón.....	6
1.5.1. <i>Composición y estructura del almidón</i>	7
1.5.2. <i>Propiedades del almidón</i>	8
1.5.2.1. <i>Gelatinización</i>	8
1.5.2.2. <i>Retrogradación</i>	9
1.5.2.3. <i>Transición vítrea</i>	9
1.6. Chirivía (<i>Pastinaca sativa</i>).....	9
1.6.1. <i>Origen</i>	10
1.6.2. <i>Taxonomía</i>	10
1.6.3. <i>Características botánicas</i>	10
1.6.4. <i>Información nutricional</i>	11
1.7. Oca (<i>Oxalis tuberosa</i>).....	12
1.7.1. <i>Taxonomía de la oca</i>	12
1.7.2. <i>Origen</i>	13

1.7.3.	<i>Variedades de Oca</i>	13
1.7.4.	<i>Información nutricional de Oca</i>	14
1.7.5.	<i>Características Botánicas</i>	14
1.7.6.	<i>Morfología vegetativa</i>	14
1.7.7.	<i>Morfología floral</i>	15
1.7.8.	<i>Los tubérculos</i>	15
1.7.9.	<i>Almidón de Oca</i>	15

CAPÍTULO II

2.	METODOLOGÍA	16
2.1.	Lugar de investigación	16
2.2.	Tipo y diseño de investigación	16
2.2.1.	<i>Tipo de Investigación</i>	16
2.2.2.	<i>Diseño de Investigación</i>	16
2.3.	Población de estudio, tamaño de muestra o método de muestreo de muestra	17
2.3.1.	<i>Población de estudio</i>	17
2.3.2.	<i>Tamaño de la muestra</i>	17
2.3.3.	<i>Criterios de inclusión</i>	17
2.3.4.	<i>Criterios de exclusión</i>	17
2.4.	Identificación de variables	17
2.5.	Hipótesis	18
2.5.1.	<i>Hipótesis 1</i>	18
2.5.2.	<i>Hipótesis nula</i>	18
2.5.3.	<i>Hipótesis 2</i>	18
2.5.4.	<i>Hipótesis nula</i>	18
2.6.	Materiales, equipos y reactivos	18
2.6.1.	<i>Materia prima</i>	18
2.6.2.	<i>Reactivos</i>	18
2.6.3.	<i>Materiales</i>	19
2.6.4.	<i>Equipos</i>	19
2.7.	Extracción del almidón de chirivía y oca	19
2.8.	Análisis fisicoquímico del almidón	22
2.8.1.	<i>Identificación del almidón</i>	22
2.8.2.	<i>Determinación de amilosa</i>	22
2.8.3.	<i>Índice de solubilidad en agua</i>	22
2.8.4.	<i>Determinación de pH</i>	23

2.8.5.	<i>Determinación de viscosidad</i>	23
2.8.6.	<i>Determinación de temperatura de gelatinización</i>	24
2.8.7.	<i>Determinación de densidad aparente</i>	24
2.9.	Análisis proximal del almidón	25
2.9.1.	<i>Determinación de humedad</i>	25
2.9.2.	<i>Determinación de cenizas</i>	26
2.9.3.	<i>Determinación de proteína</i>	26
2.9.4.	<i>Determinación de grasa</i>	27
2.9.5.	<i>Determinación de fibra</i>	28
2.9.6.	<i>Obtención de bioplástico a partir de almidón</i>	29
2.10.	Análisis físico químico y mecánico del bioplástico	31
2.10.1.	<i>Determinación del comportamiento mecánico del bioplástico</i>	31
2.10.2.	<i>Ensayo microbiológico</i>	32
2.10.3.	<i>Determinación del espesor</i>	32
2.10.4.	<i>Determinación de humedad</i>	32
2.10.5.	<i>Determinación de solubilidad en agua</i>	33
2.10.6.	<i>Determinación de permeabilidad al vapor de agua</i>	33
2.11.	Biodegradabilidad	34
2.12.	Aplicación del bioplástico como envoltura de alimentos	34

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
3.1.	Extracción de almidón por el método húmedo	36
3.1.1.	<i>Extracción de almidón de chirivía</i>	36
3.1.2.	<i>Extracción de almidón de Oca</i>	37
3.2.	Ensayos fisicoquímicos para el almidón	38
3.3.	Análisis microbiológico de los almidones	39
3.4.	Resultados obtenidos de la formulación del bioplástico	40
3.4.1.	<i>Bioplástico de Chirivía</i>	40
3.4.2.	<i>Bioplástico de oca</i>	41
3.4.3.	<i>Bioplástico de la combinación de almidón de chirivía y oca</i>	41
3.4.3.1.	<i>Cantidades usadas para la elaboración del bioplástico de chirivía y oca.</i>	41
3.4.3.2.	<i>Características del bioplástico de la mezcla</i>	42
3.5.	Ensayos realizados al bioplástico a partir de almidón de chirivía y oca	43
3.5.1.	<i>Espesor del bioplástico a partir de chirivía y oca</i>	43
3.5.2.	<i>Ensayo de humedad</i>	44

3.5.3.	<i>Ensayo de solubilidad</i>	45
3.5.4.	<i>Ensayo de permeabilidad</i>	46
3.6.	Resultado de ensayo microbiológico del bioplástico	47
3.7.	Ensayo mecánico del bioplástico	48
3.8.	Ensayo de biodegradabilidad	49
3.8.1.	<i>Biodegradación en agua</i>	49
3.8.2.	<i>Biodegradación en tierra</i>	50
3.9.	Aplicación del bioplástico como envoltura de alimentos	52
3.9.1.	<i>Aplicación del bioplástico al medio ambiente</i>	52
3.9.2.	<i>Aplicación del bioplástico en refrigeración</i>	54
3.10.	Prueba de hipótesis	56
CONCLUSIONES		58
RECOMENDACIONES		59
GLOSARIO		
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Propiedades de la amilosa y la amilopectina	8
Tabla 2-1:	Categorías taxonómicas de la chirivía	10
Tabla 3-1:	Información nutricional de la Chirivía en 100.00g.....	11
Tabla 4-1:	Categorías taxonómicas de la oca.....	12
Tabla 5-1:	Información nutricional de la oca.....	14
Tabla 1-2:	Variables dependientes e independientes	17
Tabla 2-2:	Matriz para la extracción de almidón de Chirivía en base al diseño factorial 2^k	20
Tabla 3-2:	Matriz para la extracción de almidón de Oca en base al diseño factorial 2^k	20
Tabla 4-2:	Concentración de constituyentes para la elaboración del bioplástico a partir de almidón de chirivía en base al diseño factorial 2^k	29
Tabla 5-2:	Concentración de constituyentes para la elaboración del bioplástico a partir de almidón de Oca en base al diseño factorial 2^k	29
Tabla 6-2:	Concentración de constituyentes para la elaboración del bioplástico a partir de almidón de Oca y chirivía en base al diseño factorial 2^k	30
Tabla 7-2:	Medidas de la probeta.....	32
Tabla 1-3:	Rendimiento del almidón de Chirivía.....	36
Tabla 2-3:	Rendimiento del almidón de Oca	37
Tabla 3-3:	Ensayos fisicoquímicos para el almidón de chirivía y oca.....	38
Tabla 4-3:	Análisis Microbiológico del almidón de chirivía y oca.....	39
Tabla 5-3:	Bioplástico de almidón de chirivía secado a T ambiente por 48.....	40
Tabla 6-3:	Bioplástico de almidón de oca secado a T ambiente por 48H.....	41
Tabla 7-3:	Porcentaje de almidón de chirivía y oca para el bioplástico de la mezcla.....	41
Tabla 8-3:	Bioplástico de almidón de chirivía y oca secado a T ambiente por 48H.....	42
Tabla 9-3:	Espesor del bioplástico a partir de chirivía y oca	43
Tabla 10-3:	Ensayos de humedad	44
Tabla 11-3:	Ensayo de solubilidad.....	45
Tabla 12-3:	Ensayos de permeabilidad al vapor de agua	46
Tabla 13-3:	Ensayo microbiológico.....	47
Tabla 14-3:	Resultados de las propiedades mecánicas del bioplástico	48
Tabla 15-3:	Degradación del bioplástico en agua.....	49
Tabla 16-3:	Degradación del bioplástico en tierra	50
Tabla 17-3:	Aplicación del bioplástico como envoltura de alimentos al ambiente.....	52
Tabla 18-3:	Aplicación del bioplástico como envoltura de alimentos en refrigeración.....	54
Tabla 19-3:	Tabla análisis de varianza ANOVA para la extracción del almidón de chirivía .	56

Tabla 20-3:	Tabla de análisis de varianza ANOVA para la extracción del almidón de oca ...	56
Tabla 21-3:	Tabla ANOVA para el espesor del bioplástico	57
Tabla 22-3:	Tabla ANOVA para la humedad	57
Tabla 23-3:	Tabla ANOVA para la solubilidad	57
Tabla 24-3:	Tabla ANOVA para la permeabilidad al vapor de agua.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Estructura de molécula de amilosa.....	7
Figura 2-1:	Estructura de molécula de amilopectina	7
Figura 3-1:	Chirivía	9
Figura 4-1:	Oca	12
Figura 5-1:	Variedades de Oca	13
Figura 1-2:	Diseño factorial 2k para la elaboración del bioplástico	16

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfica 1-2:	Diagrama de extracción de almidón de chirivía y oca.....	21
Gráfica 2-2:	Proceso para la obtención de bioplásticos a partir del almidón.....	31
Gráfica 1-3:	Espesor del bioplástico a partir de chirivía y oca	43
Gráfica 2-3:	Humedad del bioplástico a partir de chirivía y oca	44
Gráfica 3-3:	Solubilidad del bioplástico a partir de chirivía y oca	45
Gráfica 4-3:	Permeabilidad al vapor de agua del bioplástico a partir de chirivía y oca	46
Gráfica 5-3:	Ensayo mecánico del bioplástico a partir de chirivía y oca.....	48

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** EXTRACCIÓN Y OBTENCIÓN DE ALMIDÓN DE CHIRIVÍA
- ANEXO B:** EXTRACCIÓN Y OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN DE OCA
- ANEXO C:** TAMIZAJE Y MOLIENDA DEL ALMIDÓN
- ANEXO D:** CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE CHIRIVÍA Y OCA
- ANEXO E:** CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE CHIRIVÍA Y OCA
- ANEXO F:** OBTENCIÓN Y ELABORACIÓN DEL BIOPLÁSTICO
- ANEXO G:** CARACTERIZACIÓN DEL BIOPLÁSTICO
- ANEXO H:** BIODEGRADACIÓN DEL BIOPLÁSTICO
- ANEXO I:** RESULTADO DE AMILOSA DEL ALMIDÓN DE CHIRIVÍA Y OCA
- ANEXO J:** ANÁLISIS QUÍMICO DEL ALMIDÓN DE CHIRIVÍA
- ANEXO K:** ANÁLISIS QUÍMICO DEL ALMIDÓN DE OCA
- ANEXO L:** ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALMIDÓN DE CHIRIVÍA
- ANEXO M:** ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALMIDÓN DE OCA
- ANEXO N:** ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL BIOPLÁSTICO
- ANEXO Ñ:** ENSAYO MECÁNICO DEL TRATAMIENTO TM1
- ANEXO O:** ENSAYO MECÁNICO DEL TRATAMIENTO TM2
- ANEXO P:** ENSAYO MECÁNICO DEL TRATAMIENTO TM3
- ANEXO Q:** ENSAYO MECÁNICO DEL TRATAMIENTO TM4

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

PLA	Ácido poliláctico
PHA	Polihidroxialcanoatos
P3HB	Poli-3 hidroxibutarano
PVOH	Polivinilalcohol
PCL	Policaprolactonas
C₃H₈O	Glicerina
C₂H₄O₂	Ácido acético
RC	Recubrimientos Comestibles
PC	Películas Comestibles
T/ha/año	Toneladas por hectárea por año
DMSO	Dimetilsulfóxido
KI	Yoduro de potasio
% P/P	Porcentaje Peso a Peso
WVP	Permeabilidad al vapor de agua
WVTR	Tasa de transmisión de vapor de agua
ΔP	Presión de vapor de agua a la temperatura de ensayo
e	Espesor
cp.	Centipoise

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue elaborar un plástico biodegradable a partir del almidón de chirivía (*Pastinaca sativa*) y oca (*Oxalis tuberosa*) para su uso como envoltura en la industria alimentaria. Se inició con la extracción del almidón por el método húmedo, para ello se tomó en cuenta las variables velocidad y tiempo, con la finalidad de escoger el mejor rendimiento. Se realizó la caracterización fisicoquímica del almidón y la posterior formulación del bioplástico en base al diseño factorial 2^k. Se ejecutó varios ensayos preliminares para determinar la cantidad de los componentes para la elaboración del plástico biodegradable, y se obtuvo como resultado que la mezcla óptima es de 1,12 g de almidón de chirivía, 4,48 g de almidón de oca, 60 ml de agua, 2,40 ml de glicerina y 5 ml de ácido acético. Posteriormente, se evaluó las láminas bioplásticas en cuanto a ensayos fisicoquímicos y mecánicos, con el fin de estimar la formulación que presenta mejores propiedades, siendo esta la formulación TM3 con resultados fisicoquímicos de: 0,12 mm de espesor, 16,06 % de humedad, 36,09 % de solubilidad y 0,07% de permeabilidad al vapor de agua, en cuanto al ensayo mecánico, se obtuvo resultados de 6,71 MPa para módulo de elasticidad y 2,03 MPa de esfuerzo máximo. Además, se realizó la biodegradación del bioplástico y se evidenció que el medio más eficiente fue el agua, puesto que se degradó por completo al cabo de 54 días. Finalmente, por medio de una prueba piloto se comprobó la aplicabilidad del bioplástico obtenido. Se concluye que el bioplástico tiene la posibilidad de ser usados como envoltura de alimentos, pues cumplió con la misma funcionalidad que las envolturas sintéticas. Se recomienda realizar estudios a la fibra que se obtuvo como desecho, para darle uso en los diferentes ámbitos.

Palabras clave: <OCA (*Oxalis tuberosa*)>, <CHIRIVÍA (*Pastinaca sativa*)>, <ALMIDÓN>, <RENDIMIENTO>, <BIOPLÁSTICO>, <BIODEGRADACIÓN>.



0897-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

The aim of this study was to develop a biodegradable plastic from parsnip (*Pastinaca sativa*) and oca (*Oxalis tuberosa*) starch to be used in the food industry packaging. It began with the extraction of starch by means of wet method, to this purpose, speed and time variables were taken into account, in order to choose the best performance. The physicochemical characterization of the starch and the subsequent formulation of the bioplastic based on the 2k factorial design were carried out. Several preliminary tests were developed in order to determine the quantity of the components for the elaboration of the biodegradable plastic, as a result, it was obtained that the optimal mixture is 1.12 g of parsnip starch, 4.48 g of oca starch, 60 ml of water, 2.40 ml of glycerin and 5 ml of acetic acid. Subsequently, the bioplastic sheets were evaluated in terms of physicochemical and mechanical tests, in order to estimate the formulation that has the best properties, this was the TM3 formulation with these physicochemical results: 0.12 mm thick, 16.06% moisture, 36.09% solubility and 0.07% permeability to water vapor. Regarding the mechanical test, results obtained were: 6.71 MPa for the modulus of elasticity and 2.03 MPa for maximum stress. In addition, the biodegradation of the bioplastic was carried out and it was shown that the most efficient medium was water, since it was completely degraded after 54 days. Finally, through a pilot test, the applicability of the obtained bioplastic was verified. It is concluded that the bioplastic has the possibility of being used as a food wrapper, since it fulfilled the same functionality as the synthetic wrappers. It is recommended to carry out studies on the fiber that was obtained as waste, to use it in different areas.

Keywords: <OCA (*Oxalis tuberosa*)>, <PARSNIP (*Pastinaca sativa*)>, <STARCH>, <YIELD>, <BIOPLASTIC>, <BIODEGRADATION>.



Lcdo. Edison Hernán Salazar Calderon
C.I: 060318469-8

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el plástico se posiciona como uno de los contaminantes primordiales, ya que contribuye al calentamiento global, esto se da en respuesta a sus múltiples usos en productos, tales como bolsas, empaques, botellas, entre otros; los cuales se caracterizan por su corto tiempo de vida útil y su rápido desecho al medio ambiente (Escribano, 2020, p. 1).

Los envases plásticos son esenciales para muchas actividades que se realizan en el ámbito industrial; puesto que conforman del 20% al 40% de los desechos sólidos municipales en las naciones desarrolladas, donde la principal demanda se encuentra en la zona de empaque en la industria alimentaria. Por tal motivo, la producción a nivel mundial no se detendrá, en efecto, es una amenaza letal para el planeta, ya que en su gran mayoría se fabrican a partir de derivados del petróleo. Se caracterizan porque presentan una baja degradabilidad, alta resistencia a las agresiones del ambiente y tardan de 100 a 1000 años en degradarse. Por ello, el gobierno incrementa estrategias viables, tales como el reciclaje, que es una forma sencilla y fácil de realizar para disminuir los daños producidos al planeta, debido a la acumulación de los mismos (Angueta & Giraldo, 2019, p. 4).

En el Ecuador, ha crecido la demanda de plástico en un promedio del 5% en los últimos años, debido al avance tecnológico y al cambio de la matriz productiva. Durante el año 2015, se originaron aproximadamente 6.300 millones de toneladas de residuos plásticos, de modo que para el año 2050 se tendrá una estimación de alrededor de 12.000 millones de toneladas de desechos plásticos (Guamán, 2019, p. 2).

Esto incita a la tendencia moderna de fabricación de bioplásticos, con la exploración de nuevos materiales que cumplan con características físico químicas adecuadas y de biodegradación en el menor tiempo posible, con el fin de poder sustituir a los plásticos sintéticos. Por medio de este trabajo de investigación se pretende el desarrollo de una película biodegradable, cuya materia prima proviene del almidón de chirivía (*Pastinaca sativa*) y de oca (*Oxalis tuberosa*) (Iguardia, 2013, p. 8).

El uso indiscriminado de plásticos es un problema ambiental a nivel mundial, ya que la mayoría de estos polímeros sintéticos se producen a partir de recursos no renovables, por lo que estos desechos subsisten en el ambiente por muchos años, generando un alto grado de contaminación (Hernández, 2013, p. 14).

Ecuador, al ser un país eminentemente agrícola, gracias a su ubicación geográfica, posee una alta producción de oca, el cual es un tubérculo con alto contenido de almidón, a partir del cual se elaboró bioplásticos, donde se realizó varios procesos, tales como la selección, pesaje de la materia prima, lavado, molienda, cernido, extracción, sedimentación, secado y tamizaje. Para la elaboración del plástico degradable se planteó formulaciones a partir del almidón, el plastificante (glicerina) y el conservante (ácido acético) (Pilla, 2017, p. 10).

En consecuencia, se justifica esta investigación con el fin de obtener beneficios para el medio ambiente, debido a que esta materia orgánica se convierte en una fuente energética para la tierra. Gracias a la implementación de esta metodología se pretende disminuir la contaminación ambiental, mediante la elaboración de bioplásticos para su uso posterior en la industria alimentaria, como envoltura de productos (Labeaga, 2018, p. 5).

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo general

- Obtener plásticos biodegradables de chirivía (*Pastinaca sativa*) y de oca (*Oxalis tuberosa*) para el uso en la industria alimentaria.

Objetivos específicos

- Obtener almidón de chirivía (*Pastinaca sativa*) y de oca (*Oxalis tuberosa*) para la elaboración de plásticos biodegradables, mediante el uso de una formulación óptima.
- Evaluar las propiedades de los plásticos biodegradables mediante caracterización fisicoquímica y mecánica para su uso como envoltura de alimentos.
- Determinar las condiciones y tiempo de biodegradabilidad de los bioplásticos considerando la norma NTE INEN 2643.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

La fabricación de plásticos se ha visto incrementada desde mediados del siglo XX, debido al desarrollo e innovación de la tecnología e industrias. Por lo tanto, se está elaborando una gama de plásticos sintéticos con buenas características y bajos costos (Parra 2019, p. 1). Por lo que estos productos han sustituido artículos fabricados con otros materiales a nivel doméstico, donde se genera un gran problema, porque una vez que un plástico es usado, este se desecha, entonces pasa a conformar parte de las 200,000,000 toneladas al año de desechos producidos mundialmente que afecta en gran escala al ambiente (Narváez, 2016, p. 7).

Durante los últimos años, varios países se han puesto en la tarea de investigar alternativas que reemplacen a estos plásticos sintéticos, como es el caso de Estados Unidos, que ha firmado convenios para producir plásticos a partir de cultivos agrícolas (Parra, 2019, p. 1).

Aprovechando los recursos renovables, se han realizado múltiples estudios en el área de materiales poliméricos, cuya procedencia proviene de fuentes renovables; el almidón se presenta como alternativa para la obtención de bioplásticos sustentables y de uso masivo, principalmente como base para materiales termoplásticos, los cuales se degradan con gran facilidad (Torre et al. 2008, p. 5). La chirivía es una planta silvestre nativa de las zonas templadas de Europa, en Ecuador, se produce principalmente en las provincias del Azuay y Cañar. Por otro lado, la oca se produce en la región sierra del Ecuador, aproximadamente 2.500 toneladas anuales (Pilla, 2017, p. 4).

De acuerdo con la investigación de (Parra, 2019, p. 13). Se concluye que la obtención de biopelículas de almidón muestra un rendimiento alto, debido a que la amilasa que se encuentra presente en el almidón genera fuerzas polares que mejoran las propiedades mecánicas y de barrera de las películas biodegradables. Mencionan que la utilización de estas nuevas opciones reduce considerablemente la contaminación del planeta (Parra, 2019, p. 6).

Según un estudio realizado por (Silva, 2017, p. 10), en la Escuela Politécnica Nacional menciona que utilizando tecnologías sencillas es posible aprovechar estos recursos agrícolas a partir de los cuales se obtiene el almidón, el cual es un polisacárido natural, no tóxico y que representa una alternativa prometedora para la producción de plásticos biodegradables.

1.2. Bioplásticos

Según la Asociación Europea de Bioplástico (European Bioplastics), para ser considerado como tal, debe cumplir con dos propiedades. Proceder de base biológica, y ser biodegradable (Meza, 2016, p. 13). Los bioplásticos presentan estructuras poliméricas, las cuales facilitan conservar por completo su integridad física durante su manufactura, almacenamiento, envasado, y vida útil. Por otro lado, al final de su vida útil estos son desechados y es ahí donde empieza la degradación, es decir, el producto sufre cambios en su textura por influencia de agentes ambientales y microorganismos, los cuales los transforman en sustancias simples o en componentes menores que eventualmente se incorporan al medio ambiente (Ballesteros, 2014, p. 6).

1.2.1. Clasificación por su proceso de fabricación

Los bioplásticos de acuerdo con su proceso de fabricación se clasifican por:

- Biomasa: Estos son extraídos de manera directa de la biomasa, por ejemplo, los polisacáridos (almidón y celulosa) y las proteínas (caseína, queratina y colágeno).
- Síntesis química: Producidos por la síntesis química clásica utilizando monómeros biológicos de fuentes renovables, por ejemplo, el ácido poliláctico (PLA), poliácidos y glicoles.
- Microorganismos: Estos son compuestos producidos por bacterias nativas o modificadas genéticamente, tales como el polihidroxialcanoato (PHA), y el poli-3 hidroxibutarano (P3HB).
- Mezcla de polímeros biodegradables: Son producidos al mezclar dos o más polímeros biodegradables, como el polivinilalcohol (PVOH), y las policaprolactonas (PCL) (Gálvez, 2016, p. 10).

1.2.2. Componentes para la elaboración de bioplásticos

Con el objetivo de facilitar la elaboración de biopelículas a partir de almidón, es necesario la adición de ciertos aditivos en la mezcla, los cuales van a asegurar las condiciones óptimas para su obtención. Por esta razón, los plásticos degradables precisan de componentes que le proporcionan características de plasticidad, espesantes, humectación, resistencia, lubricación y desmoldantes (Guamán, 2019, p. 19).

1.2.2.1. Plastificante

El plastificante cuya sustancia es de consistencia líquida y de viscosidad superior a la del agua, el cual se adiciona a la mezcla, con la finalidad de aumentar la flexibilidad del material plástico por

medio de la disminución de las fuerzas intermoleculares. Por otro lado, disminuye la temperatura de fusión, y cambia su comportamiento reológico, debido a que consigue movilizar moléculas, otorgándole plasticidad al material. Dentro de los plastificantes solubles en agua se puede destacar el glicerol, el cual es un agente suavizante para el almidón, ya que mejora la flexibilidad de las biopelículas resultantes. Del mismo modo, los plastificantes que comúnmente se utilizan son los polioles, especialmente el glicerol o glicerina (Enríquez, Velasco & Ortiz, 2012, p. 186).

- La glicerina: Es un líquido inodoro, viscoso, dulce e hidrófilo, conformada principalmente por alcohol, el cual contiene tres grupos hidroxilos (OH) y su fórmula molecular es $C_3H_8O_3$. Este líquido presenta gran solubilidad en el agua y no es tóxica (Guamán, 2019, p. 20).
- El glicerol: Es una sustancia conocida como un plastificante, pues otorga una característica de suavidad y humectación al almidón. Este componente es de suma importancia en el proceso de retrogradación de artículos termoplastificados, de igual manera, actúa como lubricante proporcionando la movilidad necesaria a las cadenas poliméricas del almidón (Guamán, 2019, p. 20).
- Agua destilada: Existen algunos reportes sobre la necesidad del uso de agua para el procesamiento del almidón. Es utilizada como un plastificador cuantioso, el cual va a ayudar a la desintegración de la estructura del almidón, y así lograr un almidón termoplástico, que proporcione propiedades mecánicas y de barrera óptimas (Enríquez, Velasco & Ortiz, 2012, p. 188).

1.2.2.2. Modificadores químicos

La modificación química del almidón se da por reacciones entre los grupos hidroxilos del polímero del almidón, debido a la formación de ésteres, mediante la oxidación e hidrólisis de los grupos hidroxilos (De Los Ángeles, 2016, p. 25).

- Ácido acético: Es uno de los sustituyentes más recomendados como modificador químico por las propiedades que posee, siendo una de estas la de disminuir el carácter hidrofílico del almidón, proporcionando propiedades hidrofóbicas al material. Su fórmula molecular es $(C_2H_4O_2)$ (De Los Ángeles, 2016, p. 26).

1.2.2.3. Desmoldante

Es de suma importancia que la biopelícula no se aglutine a la máquina de producción a lo largo del procesamiento, de manera que se logre separar con facilidad del molde. Por tal motivo, se considera a los siguientes lubricantes como desmoldantes: Sales sódicas del ácido esteárico, aceites, ceras, etc. El momento en que se extraen los productos del molde, los lubricantes tienen posibilidad de exudar desde el bioplástico e impedir que estos se adhieran entre sí, proporcionando propiedades antiadherentes y deslizantes a la superficie plástica (Guamán, 2019, p. 21).

1.3. Aplicaciones de polímeros biodegradables

Los polímeros biodegradables en el área de los alimentos se utilizan como empaques biodegradables (mono y multicapa), recubrimientos comestibles (RC), películas Comestibles (PC), sobre todo en frutas y carnes.

En la actualidad, se enfatiza la tecnología en PC y RC porque cumplen con los requerimientos de los consumidores, ya que están mínimamente procesados, siendo productos saludables, sin agregado de agentes químicos, y de producción sostenible. Por tal razón, se están convirtiendo en una alternativa con mayor futuro dentro del campo de conservación de alimentos y envasado. Estos biopolímeros según su procedencia (proteína, polisacárido, lípidos) mantienen funciones y características diferentes. Las funciones que cumplen las películas biodegradables están asociadas a preservar la calidad de los alimentos sobre los cuales servirá como barrera de protección de distintas sustancias.

1.4. Biodegradación del bioplástico

Es la capacidad metabólica de los microorganismos, tales como bacterias, algas, hongos, encargados de producir cambios químicos en la estructura del material para transformar o mineralizar contaminantes orgánicos en compuestos simples, que se pueden integrar en los ciclos biogeoquímicos naturales. Sin embargo, en la biodegradación natural se requiere de una serie de factores y condiciones ambientales, como la humedad, pH, temperatura, nutrientes y oxígeno (García, 2015, p. 21).

La biodegradación inicia con la hidrólisis, donde se da una ruptura de las cadenas poliméricas, esta etapa conlleva mayor tiempo. Inmediatamente, se da una destrucción de los enlaces, como consecuencia de efectos de la luz, temperaturas superiores a 60°C, la presencia de oxígeno, estrés mecánico, la acción de bacterias anaerobias. Los bioplásticos desechables son enterrados (manejo en relleno sanitario) y su degradación se da por la acción enzimática de bacterias anaerobias (García, 2015, p. 22).

La norma ASTM D6400 define a una película biodegradable como un material que se puede descomponer en: CO₂, agua, metano, componentes inorgánicos o biomasa, como consecuencia de acción por microorganismos. Los polímeros compostables son materiales que tienen la capacidad de experimentar la biodegradación (Plastivida, 2009, p. 6).

1.5. Almidón

Es uno de los carbohidratos más abundantes en la naturaleza, sintetizado mediante el proceso de fotosíntesis, y almacenado en los amiloplastos de las células vegetales. Posee gránulos insolubles

en agua a temperatura ambiente, y parcialmente cristalinos dependiendo de la fuente biológica de donde proceden, mantienen diferente tamaño y forma (Villada, Acosta & Velasco, 2008, p. 3).

El almidón es un carbohidrato constituido por dos polímeros, la amilosa y la amilopectina presente en algunas plantas y microorganismos. Por lo general, los almidones comerciales con elevado contenido de amilosa y amilopectina se encuentran en cereales, tales como el maíz, trigo, también en varios tipos de arroces, raíces o tubérculos, como la papa, la yuca y legumbres como la arveja (Ruiz, 2005, p. 9).

1.5.1. Composición y estructura del almidón

- Amilosa: Es un polímero soluble en agua y representa alrededor del 16-35% de materia que integra el almidón. Compuesta de 200 a 300 unidades de glucosa unidas por medio de enlace glucosídicas α -1,4, en forma de cadenas no ramificadas o enrolladas en forma de hélice (Narváez, 2016, p. 9).

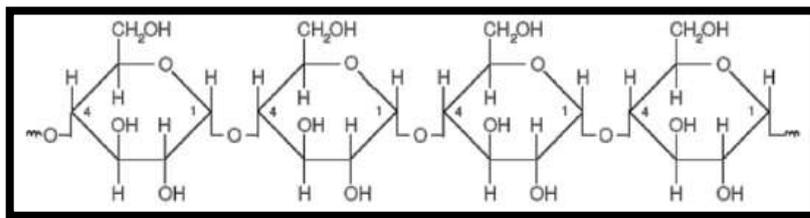


Figura 1-1: Estructura de molécula de amilosa

Fuente: (Hurtado, 2019, p. 13).

- Amilopectina: Es un polímero que constituye aproximadamente del 64% al 85% del total de la molécula de almidón, se encuentra unido mediante un enlace glucosídico α 1,6, compuesta por aproximadamente 2000.000 unidades de glucosa. Se encuentran a menudo en forma de ramificaciones de la cadena principal. Estas ramificaciones hacen que la amilopectina tenga una menor solubilidad en agua que la amilosa, y contenga un peso molecular de hasta 200 millones de dáltones (Narváez, 2016, p. 9).

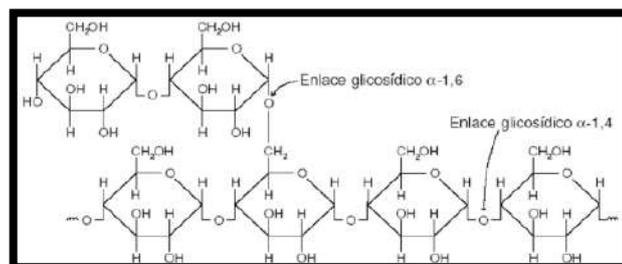


Figura 2-1: Estructura de molécula de amilopectina

Fuente: (Hurtado, 2019, p. 13).

Tabla 1-1: Propiedades de la amilosa y la amilopectina

PROPIEDAD	AMILOSA	AMILOPECTINA
Peso molecular	50.00-200.00	1 a varios millones
Enlaces glicosídicos	Principalmente α -D-(1-4)	α -D-(1-4), α -D-(1-6)
Susceptibilidad a la retrogradación	Alta	Baja
Productos de la acción de β-amilasa	Maltosa	Maltosa y β dextrina limite
Productos de la acción glucoamilasa	D-Glucosa	D-Glucosa
Forma molecular	Esencialmente lineal	Arbustiva

Fuente: (Angueta & Giraldo, 2019, p. 10).

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.

1.5.2. Propiedades del almidón

Dependiendo de las propiedades que mantienen el almidón se determina el trato, y el uso para el cual será apropiado.

1.5.2.1. Gelatinización

Es la pérdida de la semicristalinidad de los gránulos de almidón al exponerlos al calor y altas cantidades de agua. La gelatinización se da en un rango estrecho de temperatura y esta varía dependiendo de la procedencia del almidón. Por lo general, el almidón proveniente de la yuca mantiene un rango de temperatura de gelatinización entre los 60 °C y 67 °C, el cual consiste en el hinchamiento de las moléculas de almidón, porque el agua penetra en la estructura interna de las moléculas de almidón (Meneses, Corrales & Valencia, 2007, p. 60).

La viscosidad de la mezcla entre el agua y el almidón va a depender de la concentración y absorción del agua por parte del almidón. Al ocurrir la gelatinización, los gránulos de almidón hinchados ocupan los espacios vacíos y la viscosidad se incrementa a medida que aumenta la temperatura hasta la fragmentación de los gránulos que se desintegran, y se disuelvan ocasionando una disminución en la viscosidad (Meneses, Corrales & Valencia, 2007, p. 60).

1.5.2.2. Retrogradación

La retrogradación inicia luego del proceso de gelatinización, es decir, al dejar de exponer al calor y empezar la etapa de enfriamiento existe un aumento en la viscosidad, y se presenta el fenómeno denominado retrogradación, el cual consiste en un aumento espontáneo del estado de orden de las cadenas moleculares, y reorganización de los puentes de hidrógeno; simultáneamente, se da una disminución de la solubilidad en agua fría y un incremento en la turbidez de la solución (Meneses, Corrales & Valencia, 2007, p. 60).

1.5.2.3. Transición vítrea

En un material polimérico, la transición vítrea se refiere al cambio inducido por acción del calor sobre las características de un polímero, el cual al aumentar la temperatura pasa de sólido frágil y quebradizo a flexible. La temperatura a la cual sucede este fenómeno, se denomina temperatura de transición vítrea, de la misma manera, tiene influencia sobre algunas propiedades del polímero, tales como el entrecruzamiento de cadenas, la rigidez de la misma, el incremento de las secciones amorfas, presencia de cristales, entre otras (Meneses, Corrales & Valencia, 2007, p. 60).

1.6. Chirivía (*Pastinaca sativa*)

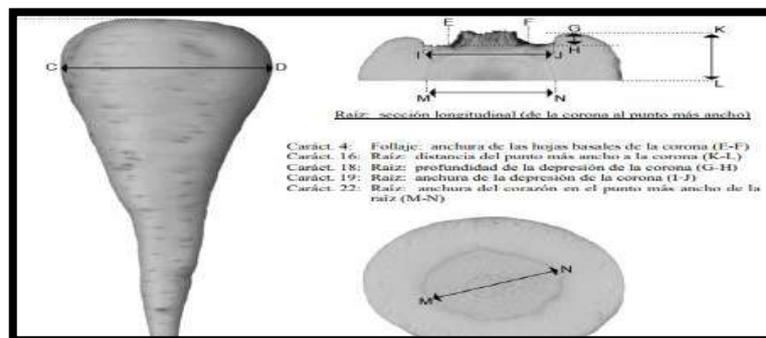


Figura 3-1: Chirivía

Fuente: (UPOV, 2011, p. 12).

La chirivía también se la conoce como pastinaca sativa o apio de campo. Es una raíz que pertenece a las apiaceae, su raíz es de color blanco, cremoso y comestible. Es similar a la zanahoria, aunque se diferencia por tener pinnadas simples, hojas y la raíz carnosa, estas tienen una temporada de crecimiento más larga que la zanahoria (Hadley & Fordham, 2003, p. 5943).

1.6.1. Origen

Es una planta procedente del Mediterráneo, del norte de Europa, su cultivo empezó en la época romana, pero en la Edad Media empezó su cultivo en grandes cantidades, convirtiéndose en un alimento de gran relevancia, hasta que se vio desplazada por la patata (Vidal et al., 2017, p. 131).

1.6.2. Taxonomía

Tabla 2-1: Categorías taxonómicas de la chirivía

Descripción	Características
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Apiales
Familia	Apiaceae
Tribu	Tordylieae
Genero	Pastinaca
Especie	<i>Pastinaca sativa L</i>

Fuente: (Caín et al., 2010, p. 218).

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.

1.6.3. Características botánicas

Su nombre científico es *Pastinaca sativa L*. Planta bienal que produce una raíz tuberosa larga y afilada de piel carnosa color crema, al madurar se vuelve más dulce y el sabor mejora. Posee hojas imparipinnadas con pecíolos abrazadores y los bordes dentados. Durante el segundo ciclo del año se desarrollan los tallos, que presentan huecos asurcados sobre los cuales se forman las típicas cabezuelas en la umbela (Hadley & Fordham, 2003, p. 5944).

1.6.4. Información nutricional

Tabla 3-1: Información nutricional de la Chirivía en 100.00g

100.00 gr de la parte comestible	
Agua (g)	79.30
Azúcar (g)	5.70
Almidón (g)	6.20
Fibra dietética (g)	4.30
Nitrógeno total (g)	0.29
Valor energético (kcal)	64.00
Valor energético (KJ)	271.00
Proteína (g)	1.80
Grasa (g)	1.10
Carbohidratos (g)	12.50
Minerales	
Na (mg)	10.00
K (mg)	450.00
Ca (mg)	41.00
Mg (mg)	23.00
P (mg)	74.00
Fe (mg)	0.60
Cu (mg)	0.05
Zn (mg)	0.30
S (mg)	17.00
Cl (mg)	49.00
Vitaminas	
Retinol (ug)	0.00
Caroteno (ug)	30.00
Vitamina D (ug)	0.00
Tiamina (mg)	0.23
Riboflavina (mg)	0.01
Niacina (mg)	1.00
Vitamina C (mg)	17.00
Vitamina E (mg)	1.00
Vitamina B6 (mg)	0.11
Vitamina B12 (ug)	0.00

Folato (ug)	87.00
Ácido pantoténico (mg)	0.50
Biotina (mg)	0.10

Fuente: (Caín et al., 2010, p. 218).

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.

1.7. Oca (*Oxalis tuberosa*)



Figura 4-1: Oca

Fuente: (López, 2019, p. 4).

La oca es un tubérculo común de la región andina, la cual contiene un alto contenido de almidón y minerales que le otorgan una característica nutritiva para la elaboración de tortas, panes, etc. Este tubérculo, luego de exponerse varios días al sol, se torna ligeramente dulce. Cultivada entre 3000 y 3900 msnm y es uno de los tubérculos más cultivados después de la papa (*Solanum tuberosum*) (Donoso & Villegas, 2018, p. 4).

1.7.1. Taxonomía de la oca

Tabla 4-1: Categorías taxonómicas de la oca

Descripción	Características
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Geraniales
Familia	Oxalidaceae
Genero	Oxalis
Especie	<i>Oxalis tuberosa</i>

Fuente: (Orosco, 2019 p. 11).

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.

1.7.2. Origen

La oca es una especie nativa que desde hace miles de años se produce en los Andes Centrales, sobre todo en lugares húmedos entre 2,800 y 4,100 msnm. Es el segundo tubérculo más importante después de la papa en Perú y Bolivia. En la sierra ecuatoriana, se reporta que el cultivo de la oca no sobrepasa las 2 T/ha/año (López, 2019, p. 4).

A este producto en los distintos países se conoce con los siguientes nombres: Oca proveniente de la palabra quechua “okka”, “oqa” o “uqa” también como “apiña”, “apilla” o “kawi” en Ecuador, Perú y Bolivia (Orosco, 2019, p. 11).

1.7.3. Variedades de Oca

El Ecuador cuenta con una gran variedad de oca dentro de las cuales podemos destacar las siguientes:



Figura 5-1: Variedades de Oca

Fuente: (Donoso & Villegas, 2018, p. 19).

- Oca blanca: Se la conoce también como yuracoca, este tubérculo es grande y mantiene una buena conservación.
- Sara oca: Es de color blanca con pintas rojas, su ciclo vegetativo es más largo, aproximadamente de nueve meses en las partes bajas.
- Blanca chaucha: Es un tubérculo pequeño que tienen siete meses de ciclo vegetativo.
- Oca colorada: Es de color rojo.
- Colorada chaucha: Es de color rojo.
- Oca cañajera: Color amarillo, como el zapallo (López, 2019, pp. 4-5).

1.7.4. Información nutricional de Oca

Tabla 5-1: Información nutricional de la oca

Por cada 100.00 g de la parte comestible	
Energía (kcal)	61.00
Agua (g)	84.10
Proteína (g)	1.00
Carbohidrato (g)	13.30
Ceniza (g)	1.00
Calcio (mg)	2.00
Fosforo (mg)	36.00
Hierro (mg)	1.60
Retinol (mg)	1.00
Tiamina (mg)	0.05
Riboflavina (mg)	0.13
Niacina (mg)	0.43
Ácido Ascórbico (mg)	38.40

Fuente: (Játiva ,2012, p. 23).

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.

1.7.5. Características Botánicas

La planta de oca perteneciente a la familia de las Oxalidáceas presenta una morfología vegetal y floral que se describe a continuación.

1.7.6. Morfología vegetativa

Especie vegetal herbácea que crece aproximadamente de 0,20 a 0,40 m, contiene tallo cilíndrico con un diámetro entre 0,5 cm hasta 1,5 cm, los cuales brotan a partir de la base de la planta otorgándole una forma semiesférica. En la planta adulta con frecuencia los tallos se doblan al exterior y varía de color según el clon, desde verde a rojo oscuro (Barrera & Pérez, 2014, p. 32).

Poseen hojas trifoliadas con pecíolos acanalados que varía de tamaño, desde 2 cm a 9 cm de longitud; los folíolos son obcordiformes y varían de 1 cm a 4 cm de largo, con la cara superior lisa de color verde oscuro, y la cara inferior vellosa de color púrpura (Barrera & Pérez, 2014, p. 32).

1.7.7. Morfología floral

Posee una inflorescencia axilar que se dispone en dos cimas de 4 a 5 flores. Los pedúnculos poseen de 10 cm hasta 15 cm de longitud. Además, posee un cáliz de 1 cm formado por cinco sépalos verdes. La corola está formada por 5 pétalos de borde trilobado con estambres dispuestos en dos verticilos pentámeros. Por lo general, el ovario posee 5 carpelos, los estigmas son laminares peniciliados de un color característico amarillo verdoso (Barrera & Pérez, 2014, p. 33).

1.7.8. Los tubérculos

Este tubérculo posee una longitud de 5 cm, pero en ciertas ocasiones hasta 15 cm. Presenta una forma cilíndrica u ovoide, de un color característico dependiendo de la variedad de la oca, desde blanco morado oscuro con tendencia a negro, rosado o amarillo. Frecuentemente, gozan de áreas enteras de distinto color, uniformes o punteadas. Las yemas tienen tamaño y profundidad diferentes (Barrera & Pérez, 2014, p. 33).

1.7.9. Almidón de Oca

El almidón de oca tiene una coloración blanca con un tamaño menor a 0,70 μm ; además, mantiene una estructura granular de forma ovoide. Los gránulos de almidón están formados por capas homocéntricas de amilosa y amilopectina. El almidón de una harina se puede detectar en presencia de una solución de yodo con yoduro de potasio al 0,1% (Pilla, 2017, p. 11). En presencia de yodo, las cadenas de amilosa interaccionan y al reaccionar se produce una coloración azulada, debido al complejo que se forma entre una molécula de este elemento con 7-8 moléculas de D- glucosa (Pilla, 2017, p. 11).

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. Lugar de investigación

La investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de investigación de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

2.2. Tipo y diseño de investigación

2.2.1. Tipo de Investigación

Esta investigación es de tipo cuantitativa, ya que se realizó con la finalidad de obtener datos fieles y seguros que sirvan de soporte en estudios futuros. También es un estudio exploratorio, pues este tema busca indagar sobre la utilización del almidón proveniente de chirivía y oca para la fabricación de películas biodegradables, siendo este un tema poco indagado a nivel nacional y muy fructífero desde el punto de vista ambiental.

2.2.2. Diseño de Investigación

En cuanto al diseño de investigación es experimental prospectivo, pues se manipulan variables y se determina la relación que existe entre las mismas, para las cuales se va a emplear distintas formulaciones a partir del almidón de chirivía y oca en condiciones controladas y así determinar la formulación más apropiada para la elaboración del bioplástico. Se trabajó en base al diseño factorial 2^k en el cual $2 =$ (cantidad de almidón y glicerina), $k =$ (número de repeticiones), 2^2 que dio como resultado cuatro tratamientos. Por tal motivo, se consideró el efecto de dos factores, considerando dos niveles, el nivel alto (+) y el nivel bajo (-) en cada caso.

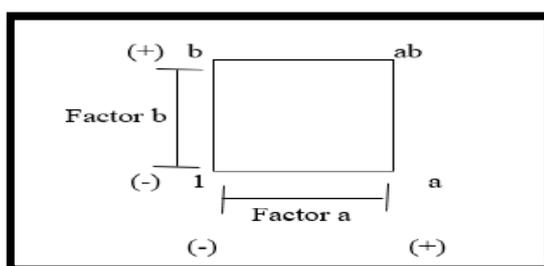


Figura 1-2: Diseño factorial 2^k para la elaboración del bioplástico

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.

2.3. Población de estudio, tamaño de muestra o método de muestreo de muestra

2.3.1. Población de estudio

La población de estudio seleccionada fue la chirivía y la oca. La chirivía fue obtenida en la ciudad de Baños, misma que fue entregada en las instalaciones de la ESPOCH, mientras que la oca fue obtenida del mercado La Esperanza de la ciudad de Riobamba.

2.3.2. Tamaño de la muestra

La muestra utilizada es de 20 kilos de chirivía y 15 kilos de oca.

2.3.3. Criterios de inclusión

Materia prima que se encuentre en buen estado y que presente las siguientes características: Buena apariencia física, color característico, forma, superficie integra, y textura.

2.3.4. Criterios de exclusión

Aquellos tubérculos que presentan daños o deterioro por insectos o por condiciones ambientales, como el agua, viento, sol. También aquellos productos que se encuentren en un proceso de descomposición.

2.4. Identificación de variables

Tabla 1-2: Variables dependientes e independientes

Variable independiente	Variables dependientes
Aditivos	Resistencia Humedad Solubilidad Permeabilidad Biodegradabilidad

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis 1

En la extracción de almidón de Chirivía y Oca, las variables velocidad y tiempo influyen en el porcentaje de rendimiento del almidón obtenido.

2.5.2. Hipótesis nula

En la extracción de almidón de Chirivía y Oca, las variables velocidad y tiempo no influyen en el porcentaje de rendimiento del almidón obtenido.

2.5.3. Hipótesis 2

El bioplástico obtenido a partir de almidón de chirivía (*Pastinaca sativa*) y de oca (*Oxalis tuberosa*) presenta óptimas propiedades fisicoquímicas.

2.5.4. Hipótesis nula

El bioplástico obtenido a partir de almidón de chirivía (*Pastinaca sativa*) y de oca (*Oxalis tuberosa*) no presenta óptimas propiedades fisicoquímicas.

2.6. Materiales, equipos y reactivos

2.6.1. Materia prima

- ✓ Oca
- ✓ Chirivía

2.6.2. Reactivos

- ✓ Glicerina
- ✓ Agua destilada
- ✓ Ácido acético
- ✓ Ácido cítrico

2.6.3. Materiales

- ✓ Bandeja de aluminio
- ✓ Mortero y pistilo
- ✓ Tamiz # 80
- ✓ Vasos de precipitación de 50ml, 100ml, 250ml, 500ml.
- ✓ Probeta de 100ml.
- ✓ Varilla de agitación
- ✓ Espátula
- ✓ Placas de Petri de vidrio
- ✓ Cernidor (Media nylon)
- ✓ Bandeja de Vidrio
- ✓ Recipientes plásticos con tapa hermética

2.6.4. Equipos

- ✓ Balanza digital (OHAUS- explorer)
- ✓ Licuadora (Oster)
- ✓ Estufa (Forced convection laboratoryoven ISOCIDE)
- ✓ Mufla (Thermo scientific)
- ✓ Desecador
- ✓ Reverbero
- ✓ Viscosímetro
- ✓ pH-metro
- ✓ Balanza de humedad (Karwag PCM 50)
- ✓ Cronómetro
- ✓ Termómetro
- ✓ Pie de rey
- ✓ Cámara fotográfica

2.7. Extracción del almidón de chirivía y oca

Para el proceso de extracción del almidón se tomó en cuenta dos factores, siendo estos la velocidad y tiempo de exposición al licuado; sin embargo, la cantidad de muestra de materia prima y el volumen del agua ocupada se mantuvieron constantes.

Se trabajo con 200 g de materia prima, un volumen de 500 ml de agua, a una temperatura de secado de 48 °C.

Tabla 2-2: Matriz para la extracción de almidón de Chirivía en base al diseño factorial 2^k

Extracción de almidón de chirivía		
Tratamiento	Tiempo	Velocidad (RPM)
1	45,00seg	6000,00
4	60,00seg	15000,00
3	45,00seg	6000,00
4	60,00seg	15000,00

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.

Tabla 3-2: Matriz para la extracción de almidón de Oca en base al diseño factorial 2^k

Extracción de almidón de Oca		
Tratamiento	Tiempo	Velocidad (RPM)
1	45,00seg	6000,00
4	60,00seg	15000,00
3	45,00seg	6000,00
4	60,00seg	15000,00

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.

Procedimiento:

- ✓ Seleccionar la materia prima (chirivía y oca), las cuales deben presentar condiciones organolépticas apropiadas.
- ✓ Realizar el respectivo lavado y pelado de los tubérculos para la eliminación de las impurezas presentes en la muestra.
- ✓ Trocear la muestra para facilitar el licuado de los tubérculos y pesar 200 g de la misma
- ✓ Triturar la muestra con ayuda de una licuadora, se añadió 500 ml de agua.
- ✓ Filtrar el licuado en un vaso de precipitación de 1000 ml.
- ✓ Realizar múltiples lavados con agua hasta observar que el agua filtrada sea translúcida.
- ✓ Decantar aproximadamente durante 8 horas para eliminar el sobrenadante.
- ✓ Colocar sedimento en bandejas de aluminio, y secar en la estufa por 24 horas a 48 °C.
- ✓ El almidón seco pasará por un proceso de molienda para romper los gránulos que se formaron en el proceso de secado.
- ✓ Por último, tamizar el almidón por una malla número 20, 60 y 100 micras (Pilla, 2017, p. 22).

Ecuación 1-2: Rendimiento de almidón

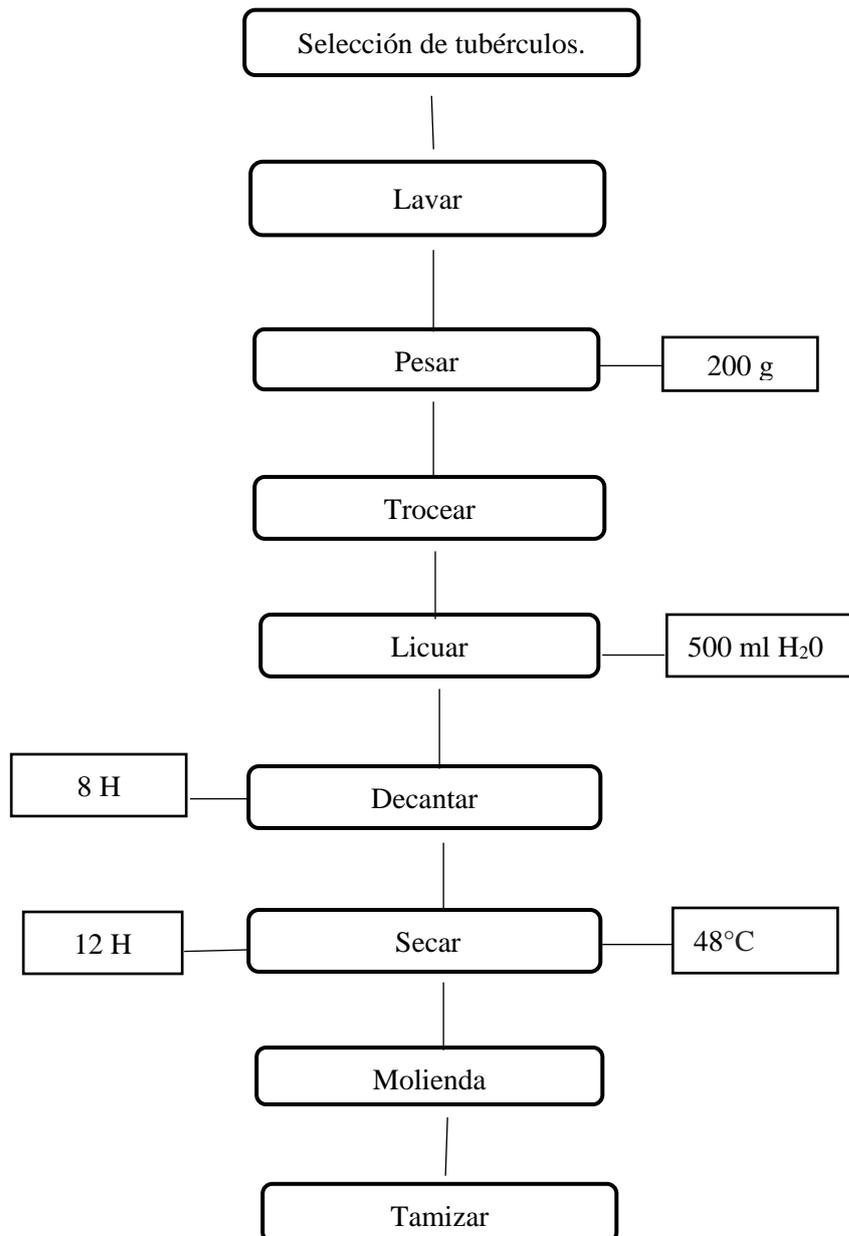
$$\% R = \frac{Ax 100}{B} \quad (\text{Ec.1})$$

Donde:

R= Porcentaje de rendimiento

A= Peso seco del almidón

B= Peso de la materia prima



Gráfica 1-2: Diagrama de extracción de almidón de chirivía y oca

Realizado por: Colcha, Mayra (2021).

2.8. Análisis fisicoquímico del almidón

2.8.1. Identificación del almidón

Procedimiento para la prueba de Lugol:

- ✓ Se suspendió 1 g de almidón en 50 ml de agua y se llevó a ebullición por 1 minuto. Posteriormente, se introdujo 0.05 ml de yoduro de potasio y por último, se observó el cambio de coloración a un tono azulado (Reyna, 2018, p. 37).

2.8.2. Determinación de amilosa

Ensayo realizado por el laboratorio Privado INIAP aplicando el método de colorimetría de acuerdo con Morrison y Laignelet 1983. Por lo tanto, la evidencia se encuentra en el Anexo I.

Procedimiento

- ✓ Pesar 35 mg de almidón y colocar en tubos de 16 mm x 100 mm.
- ✓ Añadir 5 ml de solución urea - dimetilsulfóxido (DMSO).
- ✓ Agitar los tubos constantemente hasta homogenizar la solución.
- ✓ Calentar los tubos en baño maría a 90 °C durante 15 minutos agitando los tubos cada 3 minutos.
- ✓ Colocar los tubos en la estufa a una temperatura de 100 °C durante 90 minutos, luego dejar enfriar los tubos a temperatura ambiente.
- ✓ Con ayuda de una micropipeta, tomar 0,5 ml de la solución y transferir a un vaso de precipitación de 50 ml.
- ✓ Añadir agua destilada en el vaso de precipitación y aforar hasta 25 ml.
- ✓ Agregar 1 ml de solución de yoduro de potasio, y yodo (KI- I²). A partir de ese momento la lectura se debe realizar dentro de los 15 minutos siguientes.
- ✓ Mezclar la solución hasta homogeneizar y luego vaciar en una celda del espectrofotómetro.
- ✓ El blanco realizar con agua destilada y ajustar el espectrofotómetro UV-Visible.
- ✓ Leer la absorbancia a 635 nm y a una temperatura ambiente (Quezada, 2017, p. 23).

2.8.3. Índice de solubilidad en agua

Se determinó mediante la técnica (Anderson et al., 1969).

Procedimiento

- ✓ Pesar tubos previamente secos a 60 °C.
- ✓ Añadir 1,25 g de almidón, y 30 ml de agua precalentada.
- ✓ Homogenizar la suspensión por completo.
- ✓ Colocar la suspensión (almidón- agua) en baño maría a 60 °C durante 30 minutos, al transcurrir los 10 minutos agitar con cuidado la suspensión.
- ✓ Centrifugar a una velocidad de 900 RPM durante 30 minutos a temperatura ambiente.
- ✓ Decantar el sobrenadante de inmediato y medir el volumen resultante en una probeta.
- ✓ Colocar 10 ml del sobrenadante en un vaso de precipitados de 50 ml, previamente pesado y secado a 60 °C con anterioridad.
- ✓ Secar el sobrenadante en la estufa por toda la noche a 70 °C.
- ✓ Pesar el tubo de centrífuga más el gel y el vaso de precipitación que contiene los insolubles (Acosta et al., 2018, p. 5).

Ecuación 2-2: Índice de solubilidad en agua

$$(ISA) = \frac{\text{Peso del gel (g)} \times V \times 10}{\text{Peso muestra (g)}} \quad (\text{Ec.2})$$

Donde:

(ISA) = Índice de solubilidad en agua

2.8.4. Determinación de pH

Realizado mediante la técnica (ISI, 1999)

Procedimiento

- ✓ Calibrar el pH metro con ayuda de las soluciones tampón pH 7,0 y pH 4,0.
- ✓ Mezclar 20,0 g de almidón con 100 ml de agua destilada y agitar durante 15 minutos a temperatura ambiente.
- ✓ Filtrar en un papel filtro, tomar una alícuota y medir el pH (Aristizábal & Sánchez, 2007, p. 89).

2.8.5. Determinación de viscosidad

Este ensayo se realizó mediante un viscosímetro Brookfield, y la técnica usada fue ISI-17 del International Starch Institute 2002.

Procedimiento

- ✓ Pesar 25 g de muestra de almidón y disolver en 500 ml de agua destilada.
- ✓ Colocar la suspensión en un vaso de precipitación de 1000 ml, y calentar a baño maría con agitación constante hasta ebullición por un tiempo aproximado de 15 minutos.
- ✓ Enfriar el gel formado hasta alcanzar los 25 °C, medir la viscosidad con una velocidad de 10 RPM (Aristizábal & Sánchez, 2007, p. 66).

2.8.6. Determinación de temperatura de gelatinización

Se determinó mediante la Técnica (Grace, 1977).

Procedimiento

- ✓ Calentar agua en un vaso de precipitación de 250 ml hasta alcanzar una temperatura de 85 °C.
- ✓ Pesar 10 g de almidón y disolver con 100 ml de agua destilada.
- ✓ Tomar 50 ml de la suspensión (almidón - agua destilada) y colocar en un vaso de precipitación de 100 ml.
- ✓ Colocar el vaso de precipitación que contiene la suspensión en baño maría a una temperatura de 85 °C.
- ✓ Agitar continuamente la suspensión de almidón con ayuda del termómetro, hasta obtener la formación de una pasta compacta y la temperatura permanezca constante por varios segundos.
- ✓ Leer la temperatura de gelatinización directamente en el termómetro (Aristizábal & Sánchez, 2007, p. 76).

2.8.7. Determinación de densidad aparente

Se determinó mediante la técnica (Smith, 1967)

Procedimiento

Densidad aparente del almidón suelto

- ✓ Pesar la probeta graduada previamente seca y limpia.
- ✓ Agregar con cuidado la muestra de almidón a la probeta de 10 ml con ayuda de una espátula
- ✓ Pesar la probeta con el almidón (Aristizábal & Sánchez, 2007, p. 65).

Ecuación 3-2: Cálculo de la densidad

$$\text{Densidad aparente del almidón suelto (g/ml)} = \frac{[(\text{peso probeta} + \text{almidón suelto})(g)] - \text{peso probeta vacía (g)}}{250\text{ml}} \quad (\text{Ec.3})$$

2.9. Análisis proximal del almidón

2.9.1. Determinación de humedad

Este ensayo se determinó mediante la técnica (ICONTEC, 2002).

Procedimiento

- ✓ Secar crisoles limpios por cinco horas en una estufa a 80 °C.
- ✓ Pesar los crisoles limpios y secos (P1).
- ✓ Pesar en el crisol vacío de 20 a 30 g de almidón (P2).
- ✓ Colocar el crisol con la muestra en una estufa a 80 °C durante 24 horas.
- ✓ Colocar el crisol con la muestra en un desecador, hasta obtener peso constante (P3).
- ✓ Pesar el crisol con la muestra seca (Acosta et al., 2018, p. 5).

Ecuación 4-2: Porcentaje de materia seca

$$\% \text{ ms} = \frac{100(P3 - P1)}{(P2 - P1)} \quad (\text{Ec.4})$$

Ecuación 5-2: Porcentaje de humedad

$$\% \text{ H} = 100 - \text{ms} \quad (\text{Ec.5})$$

Donde:

ms= Porcentaje de materia seca

P₁= Peso del crisol vacío

P₂= Peso de la muestra

P₃= Peso del crisol más muestra seca

H= Porcentaje de Humedad

2.9.2. Determinación de cenizas

Determinar mediante la técnica (AOAC, 2000).

Procedimiento

- ✓ Secar los crisoles limpios en la estufa y pesarlos
- ✓ Pesar 3,0 g de almidón en el crisol de porcelana completamente limpio.
- ✓ Colocar el crisol con la muestra de almidón en la mufla e incinerar a 550 °C durante unas tres horas y media.
- ✓ Colocar el crisol en el desecador hasta obtener peso constante, por último, pesar el crisol con las cenizas y expresar el resultado en porcentaje de cenizas totales (Acosta et al., 2018, p. 5).

Ecuación 6-2: Porcentaje de cenizas

$$\% C = \frac{P2-P1}{m} X 100 \quad (\text{Ec.6})$$

Donde:

C= Porcentaje de cenizas

P1= Peso del crisol vacío

P2 = Peso del crisol con cenizas

m = Peso de la muestra

2.9.3. Determinación de proteína

Este ensayo se realizó en el laboratorio privado SAQMIC, mediante el método de Kjeldah, cuya evidencia se encuentra en el Anexo J.

Procedimiento

- ✓ Pesar 2 g de muestra seca y transferir al tubo de digestión.
- ✓ Agregar a la muestra 2 pastillas Kjeldahl, 12 ml de ácido sulfúrico concentrado, y 5 ml de peróxido de hidrógeno; además, agregar núcleos de ebullición.
- ✓ Colocar el tubo de digestión y calentar por 20 min a 420 °C hasta que la solución resultante se vea clara.
- ✓ Enfriar el tubo de digestión de 50 a 60 °C, agregar 50 ml de agua destilada libre de amoníaco.

- ✓ Colocar de forma adecuada el matraz Erlenmeyer con 25 ml de ácido bórico al 4 % p/p, en el equipo.
- ✓ Colocar el tubo de digestión en el destilador, y agregar 50 ml de la solución de hidróxido de sodio al 35 %.
- ✓ Destilar y recolectar al menos 100 ml de muestra en un Erlenmeyer.
- ✓ Añadir a la solución recolectada 10 gotas de indicador y titular con una solución de ácido clorhídrico 0,2 N, hasta observar el viraje de color de la solución del verde a púrpura (Banderas, 2012, p. 44).

Ecuación 7-2: Determinar proteína

$$\% N = \frac{(ml \text{ de ácido } \times \text{ normalidad del ácido})(1,4007)}{\text{peso de la muestra}} \quad (\text{Ec.7})$$

Donde:

Para poder expresar el % de N en % de proteínas se debe utilizar un factor de conversión $F = 5,7$
 $\%N \times F = \% \text{ Proteína.}$

2.9.4. Determinación de grasa

Este ensayo se realizó en el laboratorio privado SAQMIC, por medio del método gravimétrico – extracción, cuya evidencia se encuentra en el Anexo J.

Procedimiento

- ✓ Pesar 2 g de muestra seca (P_0).
- ✓ Colocar la muestra en un cartucho de papel filtro limpio y posterior a ello sellarlo correctamente.
- ✓ Colocar el cartucho en el cuerpo del extractor Soxhlet.
- ✓ En un balón previamente secado a $103 \text{ }^\circ\text{C}$ colocar 3 núcleos de ebullición, enfriar y pesar (P_B).
- ✓ Colocar 100 ml de éter de petróleo en el balón.
- ✓ Armar el equipo y realizar la extracción por aproximadamente 4 horas.
- ✓ Eliminar el solvente en el rotavapor, y secar el balón por unos 30 minutos a $100 \text{ }^\circ\text{C}$.
- ✓ Enfriar el matraz con la grasa en un desecador y pesar cuando este alcance la temperatura ambiente (P_f) (Banderas, 2012, p. 47).

Ecuación 8-2: Porcentaje de grasa

$$\% G = \frac{(P_f - P_B)(100)}{P_0} \quad (\text{Ec.8})$$

Donde:

% G = Porcentaje de grasa

P_F = Peso del balón más la grasa

P_B = Peso del balón tarado

P₀ = Peso de la muestra

2.9.5. Determinación de fibra

Este ensayo se realizó en el laboratorio privado SAQMIC, por medio del método de digestión ácida – básica, cuya evidencia se encuentra en el Anexo J.

Procedimiento

- ✓ Pesar de 2 a 3 gramos de la muestra desengrasada, y transferir al balón de precipitación.
- ✓ Adicionar 200 ml de solución hirviendo de ácido sulfúrico, y una gota de antiespumante o núcleos de ebullición.
- ✓ Colocar el balón con su contenido en el aparato de digestión.
- ✓ Dejar ebullición exactamente por 30 min, manteniendo constante el volumen de agua en el baño maría, y moviendo constantemente el matraz, para remover las partículas que se adhieren a las paredes del balón.
- ✓ Instalar el embudo Buchner con el papel filtro.
- ✓ Simultáneamente al término del tiempo de ebullición, retirar el matraz y dejar reposar durante un minuto
- ✓ Filtrar cuidadosamente, esta filtración se debe realizar en menos de 10 min.
- ✓ Lavar el residuo que permanece en el papel filtro, mediante el uso de agua hirviendo.
- ✓ Transferir el residuo al matraz y agregar 200 ml de solución de NaOH en ebullición. Finalmente, dejar hervir por 30 minutos como en el paso 4.
- ✓ Filtrar en el embudo Buchner, y lavar en residuo con 25 ml de ácido sulfúrico 0,25 N y agua destilada hirviendo, hasta que las aguas del lavado no den reacción alcalina.
- ✓ En un crisol pesado previamente transferir el residuo de la filtración. Agregar 25 ml de alcohol etílico poco a poco y filtrar al vacío.
- ✓ Colocar el crisol con su contenido en la estufa a 130 °C por dos horas, luego pasar al desecador

y dejar enfriar a temperatura ambiente y pesar.

- ✓ Colocar el crisol con la muestra seca en la mufla a 500 °C por 30 minutos. Enfriar en el desecador y pesar (Banderas, 2012, p. 50).

Ecuación 9-2: Porcentaje de fibra

$$\% F = \frac{(F_1 - F_2)(100)}{F_0} \quad (\text{Ec.9})$$

Donde:

% F = Porcentaje de fibra

F₁ = Peso del crisol con el residuo seco

F₂ = Peso del crisol con la ceniza

F₀ = Peso de la muestra

2.9.6. Obtención de bioplástico a partir de almidón

Tabla 4-2: Concentración de constituyentes para la elaboración del bioplástico a partir de almidón de chirivía en base al diseño factorial 2^k

Formulación	Almidón (g)	Glicerina (ml)	Agua (ml)	Ácido acético (ml)
1	5,20	2,00		
2	4,80	2,40		
3	5,20	2,40	60,00	5,00
4	4,80	2,00		

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.

Tabla 5-2: Concentración de constituyentes para la elaboración del bioplástico a partir de almidón de Oca en base al diseño factorial 2^k

Formulación	Almidón (g)	Glicerina (ml)	Agua (ml)	Ácido acético (ml)
1	4,40	2,40		
2	4,00	2,00		
3	4,40	2,00	60,00	6,00
4	4,00	2,40		

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.

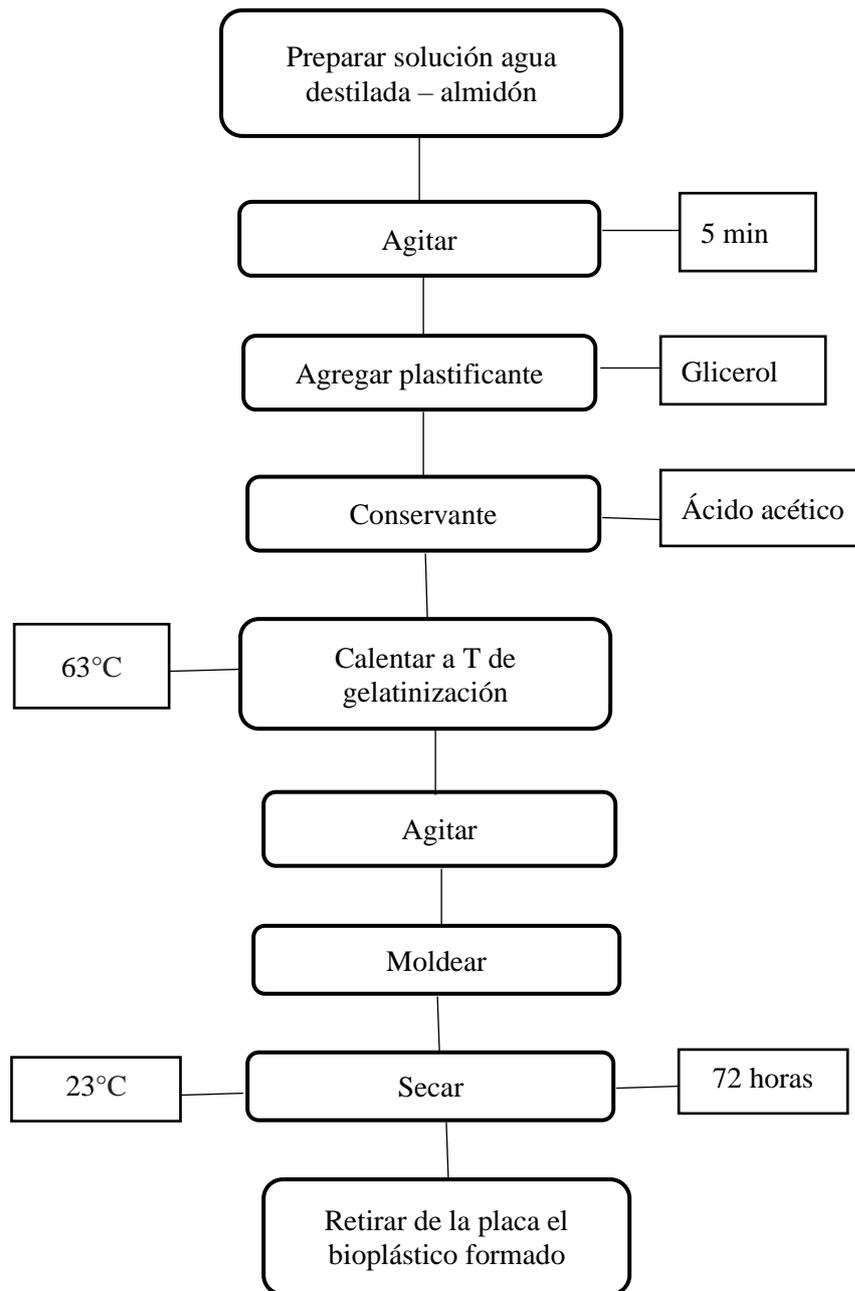
Tabla 6-2: Concentración de constituyentes para la elaboración del bioplástico a partir de almidón de Oca y chirivía en base al diseño factorial 2^k

Formulación	Almidón (g)		Glicerina (ml)	Agua (ml)	Ácido acético (ml)
	Chirivía	Oca			
1	1,00	4,00	2,40		
2	1,00	4,00	2,80		
3	1,12	4,48	2,40	60,00	5,00
4	1,12	4,48	2,80		

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.

Procedimiento

- ✓ Colocar en un vaso de precipitación el almidón de Chirivía y Oca. Posteriormente, hidratar con agua destilada, y agitar durante 5 minutos a temperatura ambiente para una correcta homogenización.
- ✓ Colocar el preparado sobre un reverbero protegido con una malla de asbesto.
- ✓ Agitar la solución (agua destilada - almidón) de manera constante, e inmediatamente agregar el plastificante (glicerina) seguido del conservante (ácido acético) y agitar para homogenizar la mezcla. Hasta alcanzar la temperatura de gelatinización 63°C .
- ✓ Verter la mezcla sobre una placa de vidrio de 26 X 16 cm, y esparcir la mezcla para obtener una superficie uniforme. Dejar secar a temperatura ambiente por 72 horas, hasta obtener las propiedades cualitativas deseadas del bioplástico (Pilla, 2017, p. 25).
- ✓ Luego de las 72 horas, cuando la biopelícula está formada, retirar cuidadosamente el bioplástico de la placa de vidrio.



Gráfica 2-2: Proceso para la obtención de bioplásticos a partir del almidón

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.

2.10. Análisis físico químico y mecánico del bioplástico

2.10.1. Determinación del comportamiento mecánico del bioplástico

La caracterización mecánica se realizó de acuerdo con la norma ASTM D 882-12 “Standard test Method for Tensile Properties of Plastic Sheeting”. Por medio de la elaboración de probetas normalizadas a partir de las láminas del bioplástico obtenido del almidón de chirivía y oca.

Se efectuaron mediciones de espesor de cada probeta y las mismas fueron sometidas a pruebas

mecánicas de tracción - deformación en el laboratorio de ensayo de materiales Lenmav. Cuya evidencia se encuentra en el anexo P.

Tabla 7-2: Medidas de la probeta

Parámetro	Valor
Largo de la probeta	20mm
Ancho de la probeta	20mm
Espesor de la probeta	< 0.20mm
Humedad relativa	50%
Temperatura	23°C +/- 2 °C

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.

2.10.2. Ensayo microbiológico

Este ensayo se realizó en el laboratorio de servicios analíticos, químicos y microbiológicos en agua SAQMIC. Se determinó aerobios mesófilos, coliformes totales, coliformes fecales, mohos y levaduras, mediante el método de siembra en masa. La evidencia se encuentra en el anexo N.

2.10.3. Determinación del espesor

Este ensayo se determinó mediante la técnica ecuatoriana INEN 2542.

Procedimiento

Se determinó mediante un instrumento denominado pie de rey, se procedió a recortar películas por triplicado de cada muestra con medidas de 2,5 cm x 2,5 cm, y los resultados fueron observados directamente en el instrumento (Núñez, 2014, p. 37).

2.10.4. Determinación de humedad

Se determinó mediante el método seco en termobalanza.

Procedimiento

Se recortó películas de cada muestra con una medida de 3,0 cm x 3,0 cm, y se depositó en los

platinos de la balanza. La temperatura fue de 110 °C, de modo que la película presentó un peso constante y la humedad del bioplástico fue generada por el equipo mediante diferencia de peso (Acosta et al., 2018, p. 7).

2.10.5. Determinación de solubilidad en agua

Procedimiento

- ✓ Recortar películas de una dimensión de 2,50 cm x 2,50 cm.
- ✓ Colocar las películas en frascos pequeños con 80ml de agua destilada.
- ✓ Colocar los frascos con el preparado en un agitador a temperatura ambiente con una velocidad de 100 RPM durante una hora.
- ✓ Filtrar mediante el uso de un papel filtro el preparado.
- ✓ Por último, colocar las biopelículas en la estufa a 40 °C para que estas se sequen. Inmediatamente, aumentar la temperatura de secado a 105 °C hasta obtener un peso constante (Núñez, 2014, p. 38).

Ecuación 10-2: Porcentaje de solubilidad

$$\% \text{ Solubilidad} = \left(\frac{(\text{Peso inicial seco} - \text{peso final seco})}{(\text{peso inicial seco})} \right) \times 100 \quad (\text{Ec.10})$$

2.10.6. Determinación de permeabilidad al vapor de agua

Este ensayo se realizó en base a la norma ASTM-E96 /96-M05, con las siguientes condiciones un 75% HR y a temperatura de 21°C.

Procedimiento

- ✓ Utilizar el método desecante y se empleó gel de sílice activado con anterioridad a 105°C por 24 horas.
- ✓ Para este método se requiere medir la altura y el diámetro del tubo.
- ✓ Llenar las tres cuartas partes del tubo de ensayo con gel de sílice
- ✓ Cubrir la boca del tubo de ensayo con el bioplástico de un diámetro de 2,5cm x 2,5cm para cada muestra, los cuales se pesaron cada hora durante seis horas consecutivas.
- ✓ Colocar en el desecador los tubos con un ambiente de humedad relativa del 75 %. Además, en el fondo del desecador se fundió la solución saturada de cloruro de sodio a una temperatura

de 20 °C a 27 °C.

- ✓ Pesar por 6 horas consecutivas y este ensayo fue realizado por triplicado (Guamán, 2019, p. 35).

Ecuación 11-2: Permeabilidad al vapor de agua.

$$WVP = \frac{(WVTR) \times e}{\Delta P} \quad \text{expresado en } \frac{g \times mm}{h \times m^2 \times MPa} \quad (\text{Ec.10})$$

Donde

WVP = Permeabilidad al vapor de agua (g*mm/h *m² * MPa).

WVTR = Tasa de transmisión de vapor de agua (g/h*m²).

ΔP = Presión de vapor de agua a la temperatura de ensayo (MPa) T= 21 °C.

e = Espesor (m).

2.11. Biodegradabilidad

Procedimiento

- ✓ Recortar el bioplástico en cuadros de una dimensión de 3cm x 3cm.

Degradación en tierra

- ✓ Colocar en un recipiente plástico, tierra orgánica e introducir cuidadosamente los bioplásticos, estos fueron recubiertos aproximadamente de 1 cm de tierra con el fin de asegurar condiciones de degradación aerobias a temperatura ambiente.

Degradación en agua

- ✓ Colocar en un recipiente los bioplásticos, y se añadió cuidadosamente 20 ml de agua.
- ✓ Revisar de forma constante los cambios que van presentando los bioplásticos, y tomar evidencias de la misma, hasta que se dé una biodegradación completa (Guamán, 2019, p. 37).

2.12. Aplicación del bioplástico como envoltura de alimentos

Realizar al medio ambiente y en refrigeración:

- ✓ En seis tarrinas desechables colocar uvas; la primera tarrina sin ningún recubrimiento, la

segunda tarrina cubrir con el plástico sintético común, y la tercera tarrina cubrir con el bioplástico elaborado a partir de almidón de chirimía y oca, este procedimiento realizar por duplicado y colocar en las primeras tres tarrinas uvas al medio ambiente y las tres restantes en refrigeración.

- ✓ Finalmente, evaluar cualitativamente el cambio que se puede apreciar en el producto expuesto.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Extracción de almidón por el método húmedo

Para el proceso de extracción del almidón se tomó en cuenta dos factores, siendo estos la velocidad y tiempo de exposición al licuado; sin embargo, la cantidad de muestra de materia prima y el volumen del agua ocupada se mantuvieron constantes.

Se trabajó con 200 g de materia prima, un volumen de 500 ml de agua, a una temperatura de secado de 48 °C.

3.1.1. Extracción de almidón de chirivía

Tabla 1-3: Rendimiento del almidón de Chirivía

Tratamiento	Variables RPM/t(s)	Repetición	Peso (g)			Rendimiento (%)	
			R	Promedio	Total	R	Promedio
TC1	5000:60	R1	20,82	24,25	96,99	10,41	12,12
		R2	22,82			11,41	
		R3	26,15			13,08	
		R4	27,18			13,59	
TC2	5000:45	R1	19,85	20,76	83,04	9,93	10,83
		R2	21,84			10,92	
		R3	21,37			10,69	
		R4	19,98			9,99	
TC3	15000:60	R1	17,02	17,30	69,21	8,51	8,65
		R2	16,57			8,29	
		R3	17,38			8,69	
		R4	18,24			9,12	
TC4	15000:45	R1	17,26	17,43	69,72	8,63	8,72
		R2	18,30			9,15	
		R3	18,16			9,08	
		R4	16,00			8,00	

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.

3.1.2. Extracción de almidón de Oca

Tabla 2-3: Rendimiento del almidón de Oca

Tratamiento	Variables RPM/t(s)	Repetición	Peso (g)			Rendimiento (%)	
			R	Promedio	Total	R	Promedio
TO1	5000:60	R1	18,82	18,84	75,34	9,41	9,42
		R2	19,12			9,56	
		R3	10,46			9,73	
		R4	17,95			8,97	
TO2	5000:45	R1	19,14	21,95	87,80	9,57	10,98
		R2	25,36			12,68	
		R3	21,61			10,80	
		R4	21,69			10,85	
TO3	15000:60	R1	30,24	33,88	135,52	15,12	16,94
		R2	32,94			16,47	
		R3	35,49			17,75	
		R4	36,84			18,41	
TO4	15000:45	R1	25,36	23,57	94,28	12,68	11,79
		R2	22,29			11,14	
		R3	21,52			10,76	
		R4	25,12			12,56	

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.

En las tablas 1-3 y 2-3, se muestran los datos obtenidos del proceso de extracción del almidón de chirivía y oca. Se tomó en cuenta dos factores constantes, la cantidad de materia prima y de disolvente (agua), y dos factores variables como son el tiempo de extracción y las revoluciones por minuto de la licuadora. Al realizar la extracción del almidón por el método húmedo, se obtiene como resultado una cantidad mayor de almidón de chirivía a 5000 RPM durante 60 segundos, con un porcentaje de rendimiento de 12,12 %. Por otro lado, se extrajo mayor cantidad de almidón de oca a 15000 RPM en 60 segundos, con un porcentaje promedio de 16,94 %. Cabe mencionar que los resultados obtenidos de extracción de almidón supera al obtenido por (Mogrovejo, 2019, p. 32), el cual obtiene una extracción de almidón de oca de 5,99% por la vía húmeda.

Según (Yungán, 2015, p. 19), la cantidad de extracción del almidón va a depender del método y las condiciones empleadas. Por tal razón, el mayor promedio se obtuvo al aplicar el licuado por 1 minuto en comparación al licuado de 45 segundos. Entonces, a mayor tiempo de extracción,

mayor es el rendimiento de almidón obtenido. Sin embargo, el proceso de licuado aumenta el rendimiento de extracción, en comparación con otros métodos como el rallado porque el licuado separa y rompe los gránulos de almidón.

El porcentaje de extracción de almidón de chirivía fue inferior con respecto al porcentaje de extracción de almidón de oca, en lo que se refiere al tratamiento tres que corresponde a 15.000 PRM durante 60 segundos. En vista de que, al aumentar las RPM en la extracción de almidón de chirivía, se obtuvo como resultado un sobrenadante de coloración café oscura de mayor concentración, con respecto a los demás tratamientos. Por ende, durante la extracción por el método húmedo para eliminar las impurezas del sobrenadante se realizó varios lavados del almidón, a través del cual existe pérdida del producto implicado en este caso de almidón (Guadrón, 2013, p. 103).

3.2. Ensayos fisicoquímicos para el almidón

Tabla 3-3: Ensayos fisicoquímicos para el almidón de chirivía y oca

Ensayo	Unidad	Chirivía	Oca	Estándar	Norma
					/Institución
Humedad	(%)	9,61	8,37	10,00-13,00	FAO
Ceniza	(%)	0,11	0,09	≤ 12,00	AOAC 942.05
Solubilidad	(%)	11,98	2,07	0,27-12,52	INEN 1456
pH		6,77	6,56	6,00-7,00	INEN 1456
Fibra	(%)	0,12	0,45	--	--
Grasa	(%)	0,17	0,27	--	--
Proteína	(%)	0,61	0,94	--	--
Viscosidad	(cp.)	5854,60	1044,30	840,00-1500,00	AOAC 942.05
T gelatinización	(°C)	65,30	64,30	57,50-70,00	FAO
Densidad	(g/ml)	0,48	0,68	1,56	FAO
Amilosa	(%)	26,20	14,46	17,00-24,00	INIAP
Amilopectina	(%)	73,80	85,54	76,00-83,00	INIAP

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.

En la tabla 3-3, se muestran los ensayos fisicoquímicos, tales como solubilidad, pH, viscosidad, temperatura de gelatinización, densidad aparente, contenido de amilosa, amilopectina, fibra, grasa y proteína del almidón, tanto de chirivía como de oca. Se evidencia que el almidón de oca presenta en todos los parámetros evaluados resultados que están acorde a los establecidos por dichas normas o instituciones, excepto la viscosidad. De la misma manera, para el almidón de chirivía en la viscosidad se obtiene valores superiores a los establecidos. Para la solubilidad del almidón

de chirivía, se obtuvo un valor de 11,98 % con respecto al almidón de oca, que tiene 2,07 %. Se observa una diferencia con respecto a los dos resultados, esto se debe al mayor contenido de amilopectina presente en el almidón de oca, que es de 85,54 % con respecto al almidón de chirivía, cuyo valor es de 73,80 %, ya que las ramificaciones laterales que presenta la amilopectina actúa disminuyendo la solubilidad en agua según (Parra, 2019,p. 13).

Con respecto a la viscosidad de la chirivía se obtuvo un valor de 5854,60 cp y para el almidón de oca se estimó un valor de 1044,30 cp. Se puede apreciar que el almidón de chirivía dio un resultado superior al reportado por (Parra , 2019, p. 40), para el almidón de zanahoria blanca se reportó un resultado de 1417,77 cp. Por otro lado, los resultados obtenidos de la temperatura de gelatinización fueron de 65,30 °C para el almidón de chirivía y de 64,30 °C para el almidón de oca, estos valores se encuentran dentro del rango establecido por (Aristizábal & Sánchez, 2007, p. 72), de 57,50 hasta 70,00 °C. Estos resultados están estrechamente relacionados con el contenido de amilosa y amilopectina. Sin embargo, para el almidón de oca, se obtuvo una menor temperatura de gelatinización con respecto al almidón de chirivía, porque el almidón de oca presenta un menor contenido de amilosa (Alvis et al., 2008, p. 24).

Los resultados obtenidos de la densidad aparente son de 0,48 g/ml para el almidón de chirivía y 0,68 g/ml para el almidón de oca, resultados similares a los obtenidos por (Rodríguez et al., 2005, p. 144), para el almidón de arracacha que presenta un resultado de 0,59 g/ml. Por otro lado, en cuanto a los resultados de fibra, grasa y proteína del almidón de chirivía y de oca, se obtiene resultados superiores a los obtenidos por (Hernández et al., 2008, p. 722), para el almidón de yuca.

3.3. Análisis microbiológico de los almidones

Tabla 4-3: Análisis Microbiológico del almidón de chirivía y oca

Microorganismo	Chirivía (UFC/g)	Oca (UFC/g)	Estándar	Norma /Institución
Aerobios Mesófilos	<10,00	<10,00	200000-300000	FAO
Coliformes Totales	Ausente	Ausente	Ausencia	FAO
Coliformes Fecales	Ausente	Ausente	Ausencia	FAO
Mohos y Levaduras	<10,00	20,00	1000-5000	FAO

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.

En cuanto al análisis microbiológico detallado en la tabla 4-3 se observa que, tanto el almidón de chirivía como el de oca, están dentro del rango establecido por la FAO. En efecto, estos resultados tienen relación con el porcentaje de humedad que presentan dichos almidones, valores inferiores al 13 % según (Ocaña, 2019, p. 18), poseen una relación estrecha con la calidad microbiana, y el almidón pueden ser almacenado a temperatura ambiente, sin ser propensas a contaminación por

microorganismos.

3.4. Resultados obtenidos de la formulación del bioplástico

3.4.1. Bioplástico de Chirivía

En la tabla 5-3 y 6-3 se muestra el tiempo empleado en cada formulación realizada, y ciertas características del bioplástico obtenido mediante el vertido en placas de vidrio de 16 x 26 cm.

Tabla 5-3: Bioplástico de almidón de chirivía secado a T ambiente por 48

Tratamiento	Repetición	Tiempo de elaboración (min)	Bioplástico						
			Área (cm ²)	Peso (g)		Espesor (mm)	Forma de película	Transparencia	Estabilidad
				R	Promedio				
TC1	R1	2:22	56,00	1,46	1,42	0,11	Si	Si	Si
	R2	2:28		1,44		0,11			
	R3	2:26		1,38		0,11			
	R4	2:26		1,43		0,11			
TC2	R1	2:35	56,00	1,29	1,30	0,11	Si	Si	Si
	R2	2:24		1,31		0,11			
	R3	2:34		1,33		0,11			
	R4	2:35		1,28		0,11			
TC3	R1	2:26	56,00	1,56	1,58	0,12	Si	Si	Si
	R2	2:29		1,57		0,12			
	R3	2:30		1,58		0,12			
	R4	2:29		1,59		0,12			
TC4	R1	2:23	56,00	1,43	1,42	0,10	Si	Si	Si
	R2	2:26		1,39		0,10			
	R3	2:23		1,40		0,10			
	R4	2:25		1,43		0,10			

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.

3.4.2. Bioplástico de oca

Tabla 6-3: Bioplástico de almidón de oca secado a T ambiente por 48H

Tratamiento	Repetición	Tiempo de elaboración (min)	Bioplástico						
			Área (cm ²)	Peso (g)		Espesor (mm)	Forma de película	Transparencia	Estabilidad
				R	Promedio				
TM1	R1	2:15	56	1,22	1,19	0,10	Si	Si	Si
	R2	2:16		1,12		0,10			
	R3	2:19		1,22		0,10			
	R4	2:13		1,22		0,10			
TM2	R1	2:20		1,31	1,33	0,11	Si	Si	Si
	R2	2:16		1,33		0,11			
	R3	2:18		1,33		0,11			
	R4	2:20		1,34		0,11			
TM3	R1	2:15		1,23	1,24	0,12	Si	Si	Si
	R2	2:17		1,24		0,12			
	R3	2:16		1,24		0,12			
	R4	2:19		1,23		0,12			
TM4	R1	2:20		1,24	1,27	0,11	Si	Si	Si
	R2	2:17		1,25		0,11			
	R3	2:15		1,24		0,11			
	R4	2:18		1,33		0,11			

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.

3.4.3. Bioplástico de la combinación de almidón de chirivía y oca

3.4.3.1. Cantidades usadas para la elaboración del bioplástico de chirivía y oca.

Tabla 7-3: Porcentaje de almidón de chirivía y oca para el bioplástico de la mezcla

Tratamiento	Contenido de almidón (%)		Forma de película	Estabilidad
	Chirivía	Oca		
T1	50,00	50,00	Si	No
T2	10,00	90,00	Si	Si
T3	20,00	80,00	Si	Si
T4	30,00	70,00	Si	Si

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.

En la tabla 7-3 se encuentra las pruebas preliminares en diferentes porcentajes de almidón que se realizó para la elaboración del bioplástico a partir de la mezcla de almidón de chirivía y oca. La formulación que presentó mejores características es la T3, un 20 % almidón de chirivía y un 80 % almidón de oca, ya que al observar el bioplástico tenía una mejor estabilidad y transparencia. La formulación T3 se tomó como formulación base, a partir del cual se realizó nuevas formulaciones en base al diseño factorial 2^k . Se obtuvo cuatro nuevos tratamientos de bioplásticos a base de almidón de chirivía y oca, cuya cantidad utilizada de los componentes se muestran en la tabla 6-2. Por lo tanto, a los bioplásticos a partir de la formulación T3 se realizó ensayos fisicoquímicos, mecánicos, microbiológicos y de biodegradación, cuyos resultados se muestran a continuación.

3.4.3.2. Características del bioplástico de la mezcla

Tabla 8-3: Bioplástico de almidón de chirivía y oca secado a T ambiente por 48H

Tratamiento	Repetición	Tiempo de elaboración (min)	Bioplástico						
			Área (cm ²)	Peso (g)		Espesor (mm)	Forma de película	Transparencia	Estabilidad
				R	Promedio				
TO1	R1	2:56	56,00	1,43	1,46	0,13	Si	Si	Si
	R2	2:57		1,43		0,13			
	R3	2:50		1,51		0,13			
	R4	2:53		1,48		0,13			
TO2	R1	2:52		1,38	1,40	0,10	Si	Si	Si
	R2	2:56		1,39		0,10			
	R3	2:58		1,41		0,10			
	R4	2:55		1,41		0,10			
TO3	R1	2:45		1,42	1,42	0,12	Si	Si	Si
	R2	2:49		1,41		0,12			
	R3	2:47		1,44		0,12			
	R4	2:48		1,42		0,12			
TO4	R1	2:46		1,30	1,32	0,11	Si	Si	Si
	R2	2:49		1,32		0,11			
	R3	2:37		1,34		0,11			
	R4	2:46		1,30		0,11			

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.

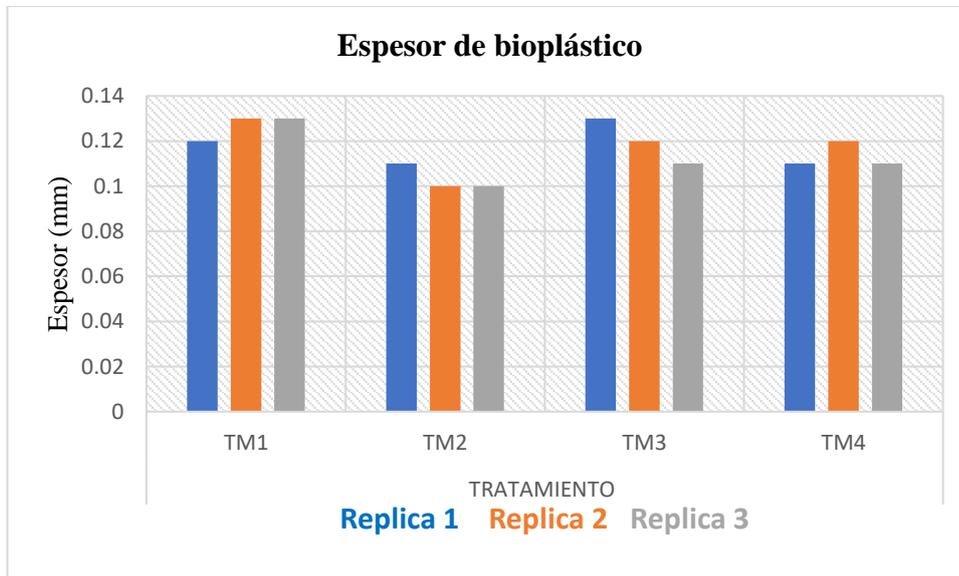
3.5. Ensayos realizados al bioplástico a partir de almidón de chirivía y oca

3.5.1. Espesor del bioplástico a partir de chirivía y oca

Tabla 9-3: Espesor del bioplástico a partir de chirivía y oca

Tratamiento	Replicas	Espesor (mm)	Promedio
TM1	1	0,12	0,13
	2	0,13	
	3	0,13	
TM2	1	0,11	0,10
	2	0,10	
	3	0,10	
TM3	1	0,13	0,12
	2	0,12	
	3	0,11	
TM4	1	0,11	0,11
	2	0,12	
	3	0,11	

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.



Gráfica 1-3: Espesor del bioplástico a partir de chirivía y oca

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.

En la tabla 9-3 se puede observar los resultados obtenidos del espesor del bioplástico. Se tomó mediciones con el pie de rey en las esquinas superior e inferior y en el centro. En la gráfica 1-3 se puede apreciar que el valor más bajo es de 0,10 mm perteneciente al tratamiento TM2 y el

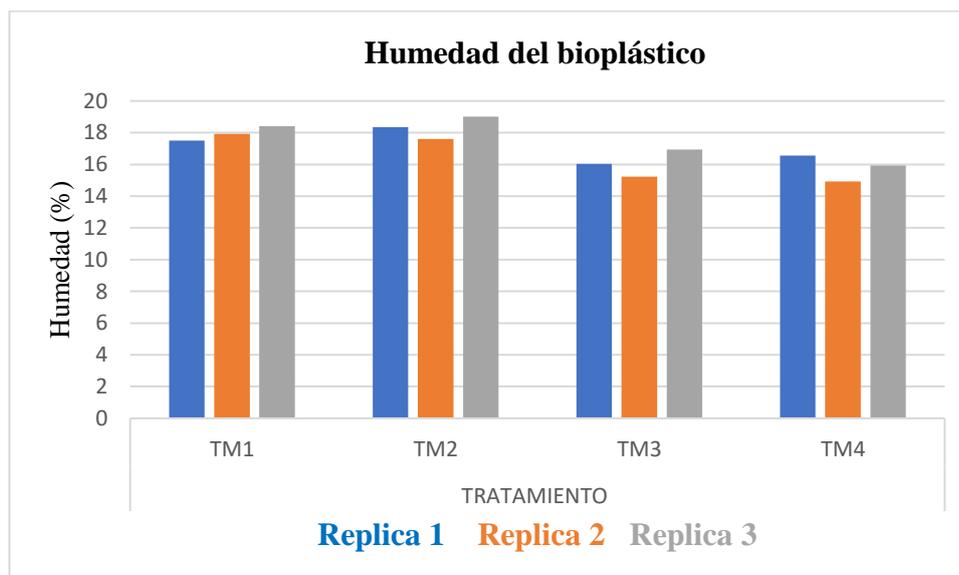
valor más alto de 0,13 mm del tratamiento TM1. Estos resultados son similares a los obtenidos por (Garrido, 2020, p. 42), para láminas elaboradas a partir de papa, cáscara de palta y cáscara de plátano, obteniendo un valor de 0,13 mm.

3.5.2. Ensayo de humedad

Tabla 10-3: Ensayos de humedad

Tratamiento	Replicas	Humedad (%)	Promedio
TM1	1	17,50	17,95
	2	17,93	
	3	18,40	
TM2	1	18,35	18,32
	2	17,61	
	3	19,01	
TM3	1	16,03	16,06
	2	15,23	
	3	16,94	
TM4	1	16,56	15,80
	2	14,92	
	3	15,93	

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.



Gráfica 2-3: Humedad del bioplástico a partir de chirivía y oca

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.

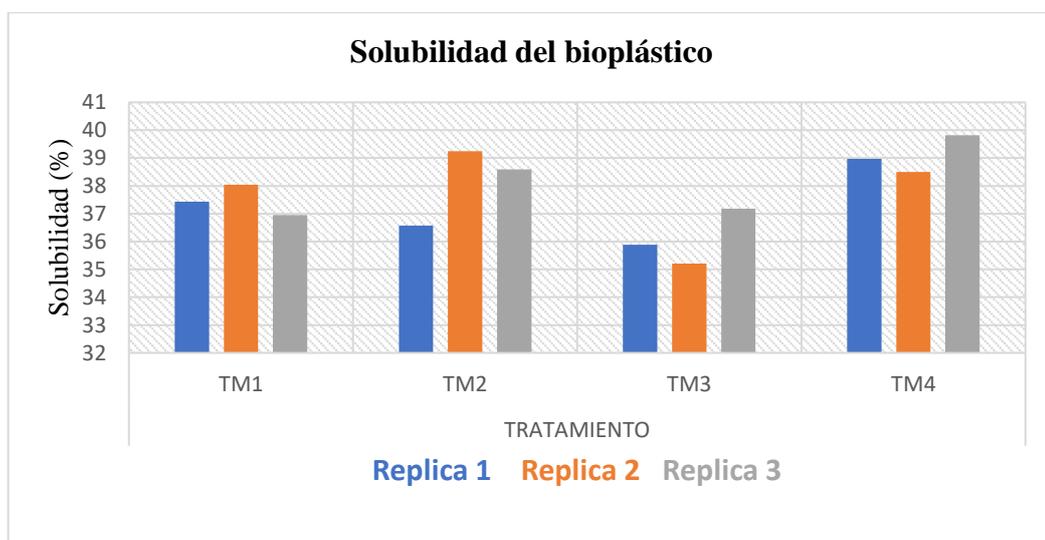
En la tabla 10-3 se reportan los resultados obtenidos de humedad para el bioplástico a partir del almidón de chirivía y oca. En cuanto a la humedad, se obtuvo para el tratamiento cuatro (TM4) un valor de 15,80 %, siendo el valor más bajo y un 18,32% para el tratamiento dos (TM2), siendo el valor más alto. La humedad está directamente relacionada con la cantidad de glicerina que se adiciona, estos resultados se asemejan con los resultados reportados para el bioplástico de zanahoria blanca y camote, los cuales se encuentran en un rango del 15% al 25% (Parra, 2019, p.51).

3.5.3. Ensayo de solubilidad

Tabla 11-3: Ensayo de solubilidad

Tratamiento	Réplicas	Solubilidad (%)	Promedio
TM1	1	37,43	37,47
	2	38,04	
	3	36,95	
TM2	1	36,57	38,14
	2	39,25	
	3	38,59	
TM3	1	35,89	36,09
	2	35,21	
	3	37,18	
TM4	1	38,97	39,09
	2	38,50	
	3	39,82	

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.



Gráfica 3-3: Solubilidad del bioplástico a partir de chirivía y oca

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021

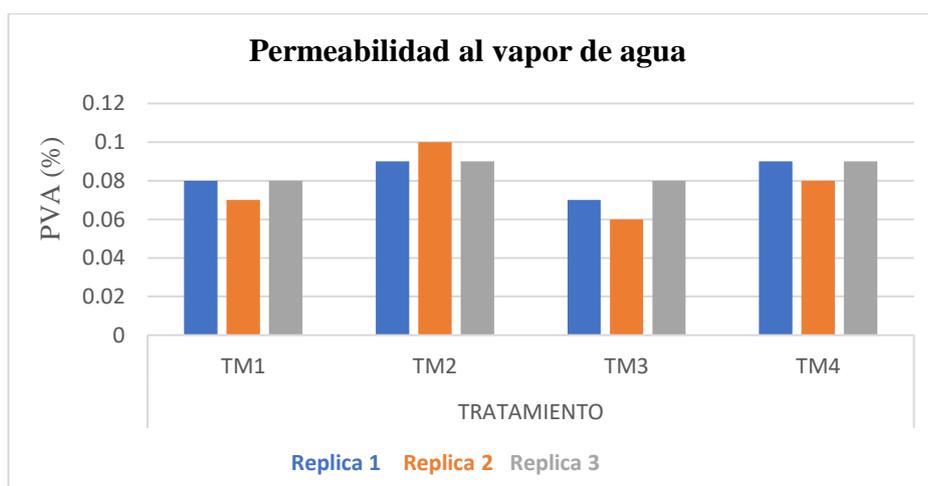
En la tabla 11-3 se puede apreciar los resultados de solubilidad de las láminas de bioplástico, según la gráfica 3-3 el valor más bajo es el TM3 con un 36,09 % y para el TM4 el valor más alto con un 39,09 %, por lo que es adecuado para uso como envoltura de alimentos. (Parra, 2019, p. 51), menciona en su estudio que la obtención de biofilm a partir del almidón de zanahoria blanca y de camote presenta porcentajes menores del 70 % de solubilidad, son empleados como empaques de alimentos, y porcentajes mayores son utilizados como recubrimientos solubles de cápsulas de medicina.

3.5.4. Ensayo de permeabilidad

Tabla 12-3: Ensayos de permeabilidad al vapor de agua

Tratamiento	Replicas	Permeabilidad al vapor de agua ($\frac{g \times mm}{h \times m^2 \times MPa}$)	Promedio
TM1	1	0,08	0,08
	2	0,07	
	3	0,08	
TM2	1	0,09	0,09
	2	0,10	
	3	0,09	
TM3	1	0,07	0,07
	2	0,06	
	3	0,08	
TM4	1	0,09	0,09
	2	0,08	
	3	0,09	

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.



Gráfica 4-3: Permeabilidad al vapor de agua del bioplástico a partir de chirivía y oca

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021

En la tabla 12-3 se encuentra los resultados de permeabilidad al vapor de agua del bioplástico de los cuatro tratamientos, en donde el valor más alto es para el TM2 y TM4 con 0,09 y el valor más bajo el tratamiento TM3 con 0,07 g*mm/h *m² * MPa. Estos resultados son semejantes a los mencionados por (López, 2011, p. 159) que obtiene valores de PVA que variaron entre 0.88 y 1.41 x 10⁻¹⁰.

Según (Joaqui & Villada, 2013, p. 63), uno de los factores que afecta mayormente a la permeabilidad de vapor de agua es el uso de plastificante, cuando mayor es la cantidad de plastificante mayor será el PVA, estos resultados se ven reflejados en la gráfica 4-3, puesto que en los tratamientos TM2 y TM4 se utilizó mayor concentración de glicerina, esta actúa disminuyendo las fuerzas intermoleculares en las cadenas del polímero, ayudando a una mayor movilidad molecular, y aumentando la permeabilidad en agua; por otro lado, la glicerina al ser un plastificante hidrofílico es compatible con el material polimérico y aumenta la capacidad de sorción de moléculas polares, tales como el agua.

3.6. Resultado de ensayo microbiológico del bioplástico

Tabla 13-3: Ensayo microbiológico

Microorganismo	Unidad	Bioplástico de chirivía/ oca
Aerobios Mesófilos	(UFC/g)	20,00
Coliformes Totales	(UFC/g)	Ausente
Coliformes Fecales	(UFC/g)	Ausente
Mohos y Levaduras	(UFC/g)	<10,00

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.

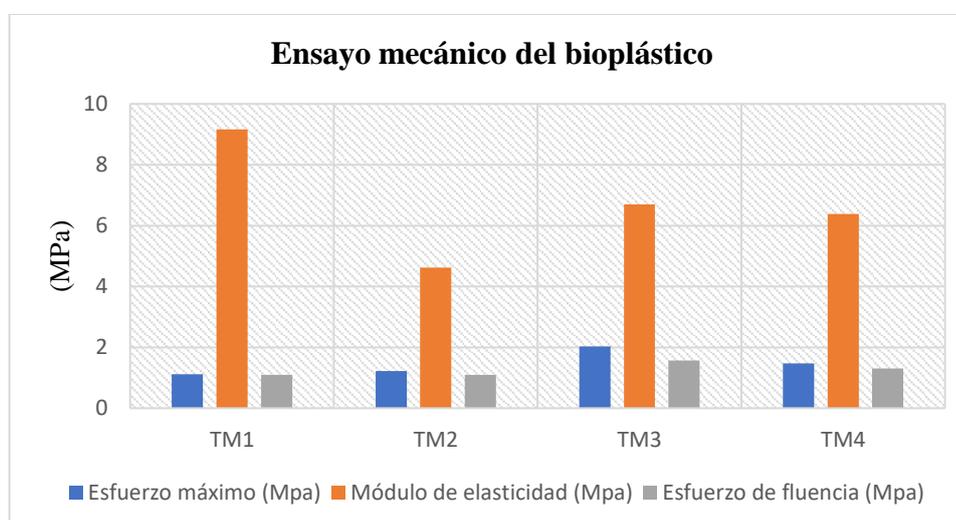
En la tabla 13-3 se encuentra los resultados del ensayo microbiológico del bioplástico, obteniendo como resultado ausencia de coliformes totales, coliformes fecales, mohos y levaduras, por lo tanto, pueden ser utilizadas como envoltura de alimentos, ya que se debe preservar la inocuidad del bioplástico para garantizar la calidad higiénica del producto. Esto se realiza con la finalidad de mantener intactas las propiedades originales del alimento durante el almacenaje, distribución y conservación. En el caso de aerobios mesófilos, el resultado fue de 20 UFC/g, esto se debe a la manipulación que se dio al bioplástico para sacar de la placa de vidrio, puesto que estos microorganismos se desarrollan con gran facilidad en presencia de oxígeno a una temperatura comprendida entre 20°C y 45°C según (Díaz et al., 2017, p. 5).

3.7. Ensayo mecánico del bioplástico

Tabla 14-3: Resultados de las propiedades mecánicas del bioplástico

Nº.	Tratamiento	Esfuerzo máximo (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Esfuerzo de fluencia (MPa)
1	TM1	1,12	9,16. E+00	1,10
2	TM2	1,22	4,62. E+00	1,10
3	TM3	2,03	6,70. E+00	1,57
4	TM4	1,47	6,38. E+00	1,30

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.



Gráfica 5-3: Ensayo mecánico del bioplástico a partir de chirivía y oca

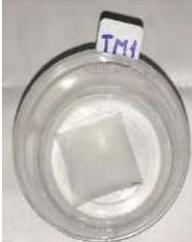
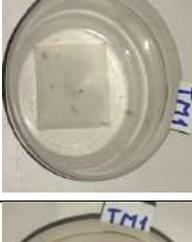
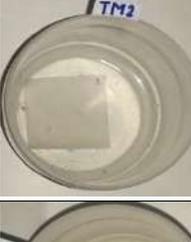
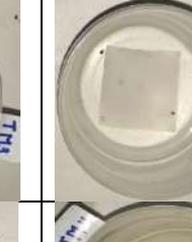
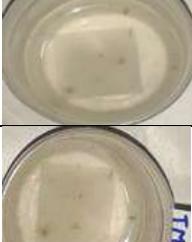
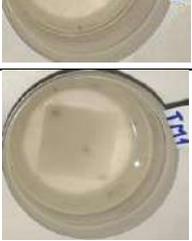
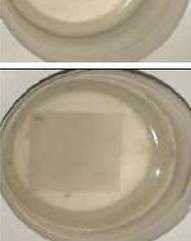
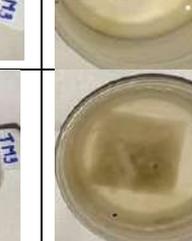
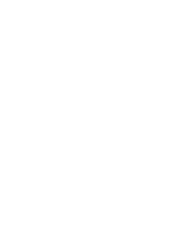
Realizado por: Colcha, Mayra, 2021

En la tabla 14-3 se encuentra el ensayo de tracción del bioplástico para la determinación del esfuerzo máximo, el módulo de elasticidad y el esfuerzo de fluencia. Para TM2 se obtiene el módulo de elasticidad más bajo con un 4,62 MPa y para el TM1 se obtiene un módulo de elasticidad es 9,16 MPa, es decir, de los cuatro tratamientos el TM1 es el más rígido, ya que el módulo de elasticidad es un indicador de rigidez. Este resultado es superior comparado con (Parra, 2019, p. 54), que tiene un módulo de elasticidad de 5,98 MPa. Del mismo modo, (Chariguamán, 2015, p. 45), menciona que la disminución de glicerol provoca un aumento en el módulo de elasticidad y disminuye el esfuerzo máximo, lo que concuerda con el resultado obtenido en el TM1 con un esfuerzo máximo de 1,12 MPa, siendo el valor más bajo de los cuatro tratamientos.

3.8. Ensayo de biodegradabilidad

3.8.1. Biodegradación en agua

Tabla 15-3: Degradación del bioplástico en agua

Día	TM1	TM2	TM3	TM4
0				
9				
18				
27				
36				
45				
54				

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.

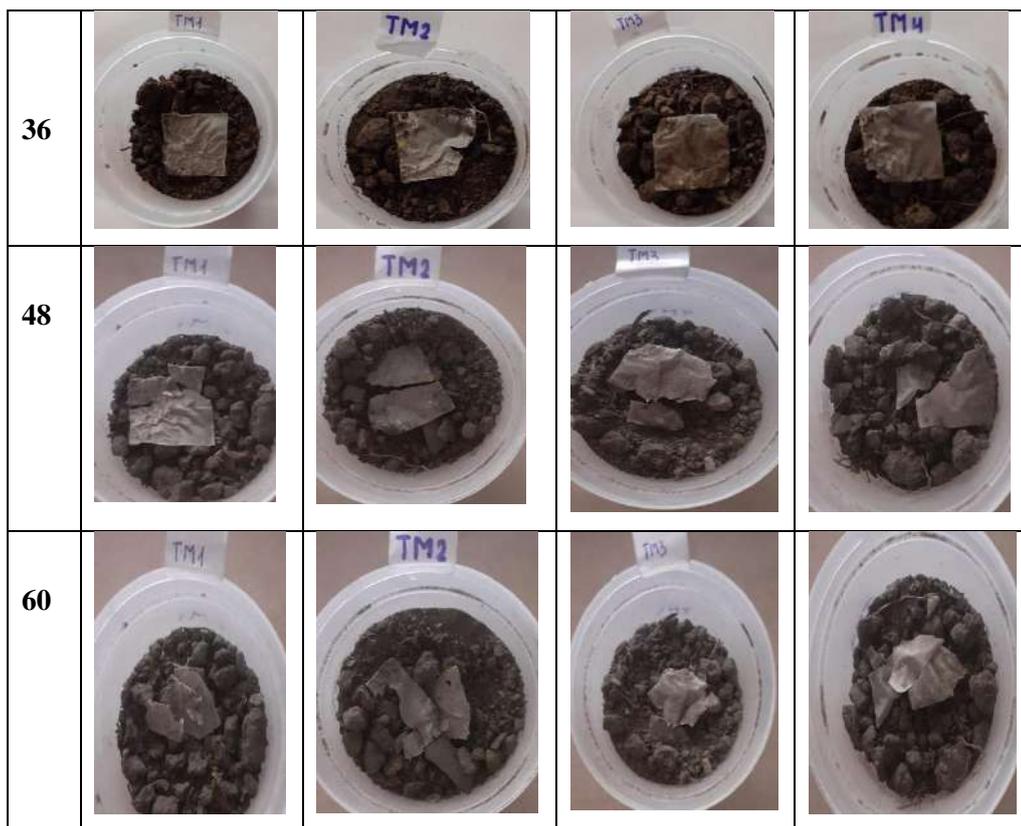
En la tabla 15-3 se muestran los resultados de la biodegradación del bioplástico en agua durante 54 días, los cuales son evaluados cualitativamente. Se tomó en cuenta la apariencia que adquirieron las muestras con el paso de los días, pero a partir del día nueve se empezó a ver pequeños cambios sobre la superficie de los bioplásticos, que aumenta poco a poco a partir del día 27, además se nota una mayor degradación en el tratamiento TM4, hasta llegar al día 54 en el que los bioplásticos de los cuatro tratamientos se degradaron por completo. Estos resultados son similares a los obtenidos por (Villalta, 2018, p. 62), el cual menciona que puede ser considerado como bioplástico, si presenta un porcentaje mínimo de degradación del 15 % a la intemperie y durante un período de 70 días.

Por otro lado, según (Galvéz, 2016, p. 42) el almidón es degradable, debido a los enlaces glucosídicos de la enzima amilasa implicada en la degradación, la cual hidroliza estos enlaces, produciendo la liberación de sacarosa. De igual manera, a mayor uso de glicerina la degradación será más evidente, ya que este plastificante tiene una propiedad hidrofílica que hace que su tiempo de degradación sea menor.

3.8.2. Biodegradación en tierra

Tabla 16-3: Degradación del bioplástico en tierra

Día	TM1	TM2	TM3	TM4
0				
12				
24				



Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.

En la tabla 16-3 se muestra los resultados de la degradación del bioplástico en tierra, se evaluaron cada doce días, con el fin de evidenciar los cambios que van adquiriendo. Las láminas de bioplásticos se colocaron medio centímetro cubiertos de tierra, por tal motivo, se tomó con mucho cuidado y se limpió la biopelícula. Sin embargo, el único cambio que se pudo evidenciar al transcurrir los doce días fue un aspecto deshidratado del mismo, pero a los treinta y seis días se pudo apreciar que el bioplástico empezaba a deteriorarse, debido a la presencia de mohos. El periodo de evaluación de la biodegradación en tierra del bioplástico en este estudio fue de dos meses, donde se pudo demostrar que el bioplástico pierde su forma original, pero no está degradado al 100%.

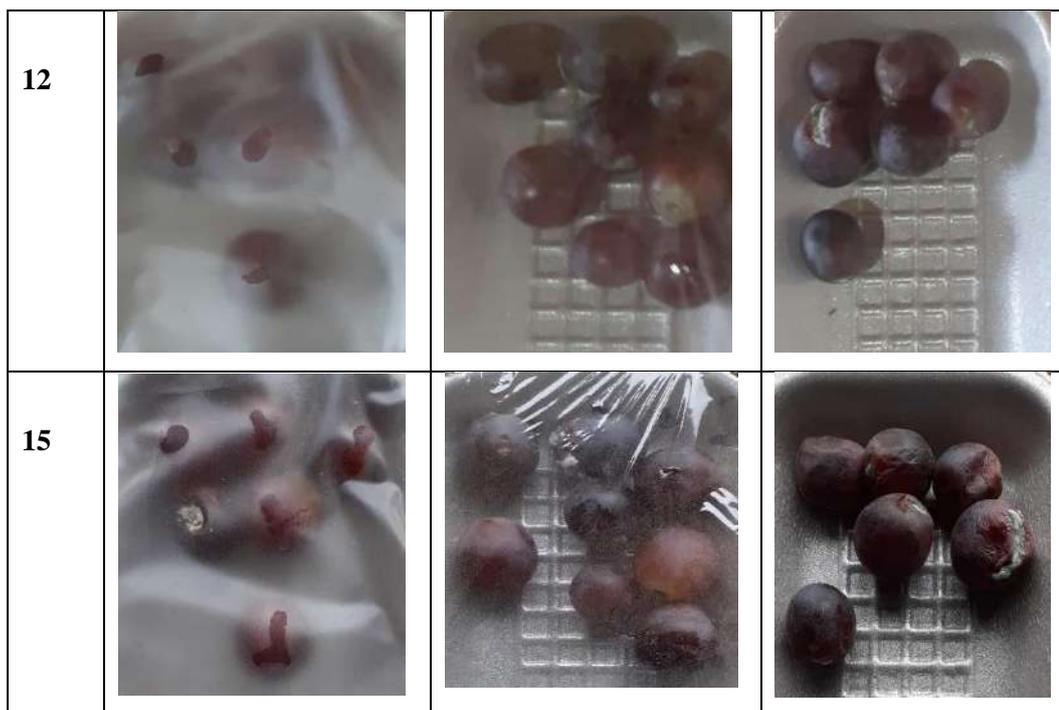
Comparando la biodegradación por los dos métodos, tanto en tierra como en agua, se observa claramente mayor degradación en agua. Debido a que las propiedades del bioplástico dependen de la humedad del ambiente en el que se encuentra, ya que al estar en contacto permanente y completo con agua, las muestras liberan amilosa y aceleran la acción enzimática a diferencia de los bioplásticos expuestos al método de intemperie, que no están en contacto permanente con agua y se complica el acceso a la amilosa (Villalta, 2018, p. 61).

3.9. Aplicación del bioplástico como envoltura de alimentos

3.9.1. Aplicación del bioplástico al medio ambiente

Tabla 17-3: Aplicación del bioplástico como envoltura de alimentos al ambiente

Dia	Envoltura con bioplástico	Envoltura con plástico común	Sin envoltura
1			
3			
6			
9			



Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.

En la tabla 17-3 se encuentran los resultados de la aplicación del bioplástico como envoltura de alimentos, los cuales fueron expuestos al ambiente. El bioplástico se aplicó como envoltura en uvas y se valoró cualitativamente cada tres días tomando fotos y considerando la apariencia que va tomando la uva con el paso de los días. Al transcurrir los primeros seis días se pudo apreciar que el recipiente con uvas que no tenía envoltura empezó a deshidratarse, mientras que los que tenían la envoltura con el plástico común y el bioplástico a partir de chirivía y de oca seguían frescas. Al transcurrir los 12 días las uvas sin envoltura se dañaron por completo y se evidencia la presencia de mohos, pero para las uvas con envoltura a partir de los 15 días se pudo apreciar una presencia mínima de mohos.

Generalmente, las frutas por su alto contenido de agua son propensas a una degradación rápida, debido al crecimiento microbiano, se puede manifestar que un producto se va a degradar más rápido al estar en contacto directo con el ambiente, que un producto que posee una envoltura o recubrimiento, ya que estos modifican la atmósfera del envase de una manera natural reduciendo la cantidad de O_2 y así conservando por un mayor tiempo los productos (Miranda, 2004, p. 49).

3.9.2. Aplicación del bioplástico en refrigeración

Tabla 18-3: Aplicación del bioplástico como envoltura de alimentos en refrigeración

Día	Envoltura con bioplástico	Envoltura con plástico común	Sin envoltura
1			
3			
6			
9			

12			
15			
18			

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.

En la tabla 18-3 se observa la aplicación del bioplástico como envoltura de alimentos en uvas mediante refrigeración, de los cuales se realizó un análisis cualitativo cada tres días mediante fotos. Se observó los cambios en la textura, color y apariencia que va tomando el producto. Las uvas a esta temperatura de refrigeración se mantuvieron en buen estado durante los primeros doce días, sin embargo, a los quince días las uvas que no estaban con recubrimiento empezaron a deshidratarse. Por otro lado, las que contenían el recubrimiento seguían intactas, no obstante, a partir de los dieciocho días las uvas con envoltura del plástico común y con el bioplástico empezaban a mostrar pequeñas cantidades de mohos, es decir, las temperaturas bajas aportan en la disminución del tiempo de degradación de algunos productos, puesto que disminuyen la actividad de enzimas y microorganismos.

3.10. Prueba de hipótesis

Hipótesis 1

En la extracción de almidón de Chirivía y Oca las variables velocidad y tiempo influyen en el porcentaje de rendimiento de almidón obtenido.

Tabla 19-3: Tabla análisis de varianza ANOVA para la extracción del almidón de chirivía

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	3	32,45	10,82	15,34	0,00
Error	12	8,46	0,71		
Total	15	40,92			

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.

Tabla 20-3: Tabla de análisis de varianza ANOVA para la extracción del almidón de oca

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	3	127,34	42,45	35,21	0,00
Error	12	14,46	1,21		
Total	15	141,80			

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.

Se realizó el análisis de varianza ANOVA expuestos en la tabla 19-3 y 20-3, las cuales indican un valor de p de 0,00 para la extracción de almidón de chirivía y un 0,00 para la extracción de almidón de oca, cuyo valor es inferior al nivel de significancia establecido de α 0,05. Para la extracción del almidón de chirivía y oca de los cuatro tratamientos realizados se puede manifestar que los resultados son estadísticamente significativos, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación, es decir, las variables velocidad y el tiempo de licuado influyen en el porcentaje de extracción del almidón.

Hipótesis 2

*El bioplástico obtenido a partir de almidón de chirivía (*Pastinaca sativa*) y de oca (*Oxalis tuberosa*) presenta óptimas propiedades fisicoquímicas.*

Tabla 21-3: Tabla ANOVA para el espesor del bioplástico

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	3	0,00	0,00	5,94	0,02
Error	8	0,00	0,00		
Total	11	0,00			

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.

Tabla 22-3: Tabla ANOVA para la humedad

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	3	14,81	4,93	9,37	0,00
Error	8	4,21	0,52		
Total	11	19,03			

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.

Tabla 23-3: Tabla ANOVA para la solubilidad

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	3	14,32	4,77	5,17	0,02
Error	8	7,39	0,92		
Total	11	21,71			

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.

Tabla 24-3: Tabla ANOVA para la permeabilidad al vapor de agua

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	3	0,00	0,00	6,44	0,01
Error	8	0,00	0,00		
Total	11	0,01			

Realizado por: Colcha, Mayra, 2021.

Se realizó el análisis de varianza ANOVA para la prueba de hipótesis de los resultados obtenidos en los ensayos fisicoquímicos del bioplástico a partir del almidón de chirivía y oca. Estos resultados se muestran en las tablas 21-3, 22-3, 23-3, y 24-3 y se establece que se obtuvo resultados favorables con respecto al valor de p, que en todos los casos estos valores fueron inferiores al nivel de significancia establecido $\alpha=0,05$. Entonces, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación, además se puede mencionar que los resultados son estadísticamente significativos. Por lo tanto, el bioplástico obtenido a partir de almidón de chirivía (*Pastinaca sativa*) y de oca (*Oxalis tuberosa*) presenta óptimas propiedades fisicoquímicas.

CONCLUSIONES

- ✓ Se obtuvo almidón de chirivía y oca mediante cuatro formulaciones para cada una. La formulación TC1 fue la más apropiada para la extracción de almidón de chirivía obteniendo 12.12 % de rendimiento, y para la extracción del almidón de oca se obtuvo mayor porcentaje de almidón con el tratamiento TO3, correspondiente a un porcentaje de rendimiento de 16,94 %; es decir, a mayor tiempo y velocidad de licuado el porcentaje de almidón extraído es mayor.
- ✓ A partir de la mezcla de almidón de chirivía y oca se sintetizaron bioplásticos mediante diferentes formulaciones. Por medio de los ensayos fisicoquímicos y mecánicos se estableció que la mejor formulación es la TM3, correspondiente a una mezcla de almidones 20:80, equivalente a 0,56 g de almidón de chirivía y 2,24 g de almidón de oca, con 30 ml de agua. Los resultados alcanzados en el análisis fisicoquímico son: 0,12 mm de espesor, humedad 16,06 %, solubilidad 36,09 % y permeabilidad al vapor de agua 0,07 g x mm/h x m² x MPa, los cuales resultan satisfactorios para el uso final. Se puede concluir que valores de solubilidad menores al 70 % permiten el uso como envoltura de alimentos, por otro lado, la PVA al ser baja impide la transferencia de vapor de agua a través del bioplástico. Además, las pruebas mecánicas realizadas resultaron favorables para el tratamiento TM3, ya que presentó mejores propiedades con un módulo de elasticidad de 6,71 MPa, un esfuerzo máximo de 2,03 MPa y un esfuerzo de fluencia de 1,57 MPa, resultados que se encuentran dentro de los límites establecidos.
- ✓ La biodegradabilidad se determinó en tierra y en medio acuoso. Se observó que a los 54 días los bioplásticos en agua se encontraron completamente degradados, ya que, al estar en contacto permanente con este líquido, la estructura formada deja libre amilosa, enzima encargada del proceso de degradación, provocando así que la hidrólisis enzimática se acelere. Por otro lado, la biodegradación en tierra se evaluó en un periodo de 60 días, sin degradación completa, debido a que se complica el acceso a la amilosa, y esto hace que el tiempo de degradación aumente.

RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar pruebas mecánicas de tracción a los bioplásticos, tanto de chirivía como de oca, para establecer diferencias claras con el bioplástico de la mezcla de los dos almidones en investigaciones posteriores.
- ✓ Con la finalidad de encontrar diversos usos que se le podría dar al bioplástico, se recomienda realizar nuevas formulaciones usando diferentes concentraciones, tanto de almidón, glicerina, agua y ácido acético.
- ✓ Para dar al bioplástico una mejor característica de elasticidad se recomienda utilizar otros tipos de plastificantes
- ✓ Luego de extraer el almidón que proviene de chirivía y de oca, queda como resultado fibra; por tal razón, es recomendable realizar estudios para determinar las propiedades que posee esta fibra restante y poder darle un uso fructífero.

GLOSARIO

Almidón: Sustancia blanca, inodora, insípida, granulada o en polvo, que abunda en otras feculentas, como la papa o los cereales y se emplea en la industria alimentaria, textil y papelera (Garrido, 2020, p. 14).

Bioplástico: Término usado para describir materiales plásticos derivados de sustancias naturales (Holguín, 2019, p. 17).

Gelatinización: Es el proceso en el que los gránulos de almidón que son mezclados con agua fría se absorben y se hinchan entre un 10 - 20%; sin embargo, cuando a esta mezcla se le aplica temperatura, se forma una pasta (gelatinización). Este proceso es irreversible, puesto que los gránulos se reorganizan estructuralmente al entrar en contacto con agua caliente por las temperaturas y entalpías de gelatinización (Holguín, 2019, p. 30).

Retrogradación: es el proceso siguiente a la gelatinización del almidón, en este proceso se libera agua presente dentro del gránulo, mientras este se enfría y las moléculas de amilosa y amilopectina se asocian entre sí reteniendo agua en los intersticios que se forman entre los gránulos de almidón (Holguín, 2019, p. 31).

Biodegradable: Que puede descomponerse en elementos químicos naturales por la acción de agentes biológicos, como el sol, el agua, las bacterias, las plantas o los animales (Garrido, 2020: p.14).

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, J; et al. *Evaluación del almidón de papa (Solanum tuberosum) en la obtención de bioplástico* [en línea]. 2018. [Consulta: 2021-05-02]. Disponible en: <http://revistabionatura.com/files/CS-2018.01.01.2---Revista-bionatura.pdf>.

ALVIS, Armando; et al. “Análisis físico-químico y morfológico de almidones de ñame, yuca y papa y determinación de la viscosidad de las pastas”. *Informacion Tecnologica* [en línea]. 2008. vol. 19, no. 1, pp. 19-28. [Consulta: 2021-05-03]. ISSN 07168756. DOI 10.4067/s0718-07642008000100004.

ANGUETA, M, & GIRALDO, L. Elaboración de envases bioplásticos mediante el aprovechamiento de materias primas vegetales con fines industriales. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Los Rios- Ecuador. 2019. p. 10.

ARISTIZÁBAL, Johanna, & TERESA, Sánchez. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. FAO [en línea]. 2007. Roma. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a1028s/a1028s.pdf>.

BALLESTEROS, L. Los bioplásticos como alternativa verde y sostenible de los plásticos basados en petróleo. *Biblioteca virtual U.S.B.* 2014. pp. 2–22.

BANDERAS, María. Análisis proximal de los principales componentes nutricionales de arroz pulido, harina de trigo de flor, maíz amarillo y papa chola, 2012. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

BARRERA, Gisela, & PEREZ, Pamela. Formulación de una mezcla proteica a base de maca (*lepidium peruvianum chacón*), oca (*oxalis tuberosa*), quinua (*chenopodium quinoa*), y tocosh por el método de extrusión. Universidad Nacional del Centro del Perú. 2014. pp. 32-33.

CAIN, N; et al. The Biology of Canadian weeds. 144. *Pastinaca sativa* L. *Canadian Journal of Plant Science*, 90(2), (2010), pp. 217–240.

CHARIGUAMÁN, Jimmy. *Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (Passiflora edulis spp.)* [en línea]. 2015. [Consulta:2021-05-03]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4560/1/AGI-2015-014.pdf>.

DE LOS ÁNGELES, A. *Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (Colocasia esculenta), por el método de polimerización por condensación.* Universidad Nacional Autónoma De Nicaragua- Managua. 2016. pp. 25-26.

DÍAZ, Angélica; et al. Análisis Microbiológico De Los Alimentos Microorganismos Indicadores. *Anmat*, [en línea], vol. 3 (2017). pp. 1-14. [Consulta:2021-05-03]. Disponible en: http://www.anmat.gov.ar/renaloa/docs/analisis_microbiologico_de_los_alimentos_vol_iii.

DONOSO, C, & VILLEGAS, E. *Estudio de la oca (Oxalis Tuberosa) y su uso diverso en la repostería en el ciudad de Guayaquil.*(Tesis pregrado). Universidad de Guayaquil. Guayaquil-Ecuador. 2018. pp. 4-19.

ENRIQUEZ, M., VELASCO, R., & ORTIZ, V. Composición Y Procesamiento De Películas Biodegradables Basadas En Almidón. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(1) 2012. pp. 182–192.

ESCRIBANO, V. *Desarrollo y caracterización de un bioplástico a partir de cáscara de maracuyá (Passiflora edulis).* (Tesis de pregrado). Universidad Señor de SIPÁN. Pimental- Perú. 2020. p. 1.

GALVÉZ, Ana Gabriela. *Elaboración de plástico biodegradable a partir del almidón extraído de maíz (Zea mays)* [en línea]. 2016. Universidad de San Carlos de Guatemala. [Consulta:2021-06-18]. Disponible en: [http://www.repositorio.usac.edu.gt/5102/1/Ana Gabriela Gálvez Arévalo.pdf](http://www.repositorio.usac.edu.gt/5102/1/Ana_Gabriela_Gálvez_Arévalo.pdf).

GARCIA QUIÑONEZ, A. V. Obtención De Un Polímero Biodegradable a Partir De Almidón De Maíz. *International Journal of Modern Physics B*, 21 (2015), pp. 1–50.

GARRIDO CORREA, Ray Steven. Elaboración De Un Bioplástico a Partir De La Palta (Persea Americana) Con Cáscara De Plátano (Musa Paradisiaca) Y Almidón De Papa (Solanum Tuberosum), Con Su Efecto De Elasticidad. 2020. pp. 1-110.

GUAMÁN, Jenn. *Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cáscaras de papa para su aplicación industrial.* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Riobamba-Ecuador. 2019. pp. 23-35.

GUADRÓN DE DELGADO, Erika Neymie. *Diseño y desarrollo del proceso para la extracción dealidón a partir de guineo mojoncho verde (musa sp. variedad cuadrado), para su uso en la industria alimentaria.* El Salvador : Universidad De El Salvador, 2013. 1-220.

HADLEY, P. & FORDHAM, R. Vegetables of temperate climates Carrot, Parsnip, and Beetroot. *Encyclopedia of Food and Health*, 2003. pp. 5941–5945.

HERNÁNDEZ, Marilyn; et al. Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. [en línea], vol. 3, 2008. pp. 718-720. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/cta/a/BFmq3pZQMP33pwHsyNjk9Yf/?format=pdf&lang=es>

HERNÁNDEZ, T.. *Biodegradación De Envases Elaborados a Base De Fécula De Maíz, Papa, Caña De Azúcar, Papel Y Oxo-Biodegradables.* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Autonoma se Mexico. Mexico. 2013. p. 14.

HOLGUÍN, Juan. *Obtención de un bioplástico a partir de almidón de papa.* Fundación Universidad De América. Bogotá D.C. 2019. pp. 17-31.

HURTADO, J. *Estudio del almidón modificado de Banano (M. sapientum L.) variedad cavendish obtenido por acetilación.* Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud. 2019. pp. 13.

IGUARDIA, C. *Síntesis y caracterización de bioplástico a partir del almidón de banano verde.* (Tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 2013. p.8.

JATIVA, H. *Caracterización físico, química y nutricional de la oca (oxalis tuberosa) cultivada en diferentes suelos edafológicos del Ecuador”.* (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito- Ecuador.

JOAQUI, Diego y VILLADA, Hector. Propiedades ópticas y permeabilidad de vapor de agua en películas producidas a partir de almidón. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, [en línea], vol. 11, 2013. pp. 59-68. ISSN 1692-3561. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/308099703_Aplicaciones_de_mezclas_de_biopolimeros_y_polimeros_sinteticos_Revision_bibliografica.

LABEAGA, A. *Polímeros biodegradables. Importancia y potenciales aplicaciones.* (Trabajo de

fin de Master). Universidad Nacional de Educación a Distancia Máster Universitario en Ciencia y Tecnología Química. 2018. p.5.

LÓPEZ, K. *Desarrollo y caracterización de galletas elaboradas a partir de harina de camote (ipomoea batatas), harina de zapallo (curcubita maxima) y harina de oca (oxalis tuberosa)*. S.l.: Universidad Técnica de Ambato- Ecuador. 2019. pp. 4-5.

LÓPEZ, Olivia Valeria. *Desarrollo, caracterización y aplicación de envases biodegradables a partir de almidón*. 2011. p. 159. ISBN 9789503408520.

MENESES, J. CORRALES, C. & VALENCIA, M. Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca, vol. 8. 2007. pp. 57–67.

MEZA, P. Elaboración De Bioplásticos a Partir De Almidón Residual Obtenido De Peladoras De Papa Y Determinación De Su Biodegradabilidad a Nivel De Laboratorio. In *Revista de Química*. Universidad Nacional Agraria La Molina. 2016.

MIRANDA, G. *Influencia de la temperatura, el envase y la atmósfera en la conservación de uvas pasas y de albaricoque deshidratados*. 2004. ISBN 8437059615.

MOGROVEJO, Angel. *Determinación de la influencia de dos métodos distintos en la obtención de almidón a partir de la oca (Oxalis tuberosa Molina) variedad amarilla*. Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca- Ecuador. 2019. p. 32.

NARVAÈZ, M. *Optimización de las propiedades mecánicas de bioplásticos sintetizados a partir de almidón*. . (Tesis de pregrado). Universidad San Francisco de Quito. Quito- Ecuador. (2016). pp. 7-9.

NÚÑEZ, Andrea. *Obtención de una película de bioplástico a partir del colágeno de las patas de pollo* [en línea]. 2014. Universidad Central del Ecuador. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2879/1/T-UCE-0017-90.pdf>.

OCAÑA, Ivan. Caracterización Físicoquímica, Nutricional y Reológica De Cultivos Andinos Infrautilizados. [en línea], vol. 11, no. 1 (2019), pp. 1-58. ISSN 20711050. Disponible en: http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERP

USAT_STRATEGI_MELESTARI.

OROSCO, R. *Caracterización funcional del almidón de dos genotipos de oca (oxalis tuberosa molina) cultivadas con dos aplicaciones de fertilizantes nitrogenados y fosfatados” documento.* Universidad Técnica de Ambato- Ecuador. 2019. p. 11.

PARRA, Joselyne. *Obtención de biofilm a partir del almidón de zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza) y de camote (Ipomoea batatas) como alternativa al uso de material plástico derivado de petróleo.* Escuela Superior Politécnica De Chimborazo. Riobamba- Ecuador. 2019. pp. 33-50.

PILLA, Ismael. *Desarrollo de un material termoplástico obtenido a partir de almidón de oca (Oxalis tuberosa) y plastificantes [en línea].* 2017. Escuela Politécnica Nacional. [Consulta: 2021/06/25]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17060>

PLASTIVIDA. *Plásticos Biodegradables, ¿Qué son? y su relación con los RSU. Revista Entidad Técnica Profesional Especializada en Plásticos y Medio Introducción,* no. 25 (2009), pp. 1–8.

QUEZADA, Asthry. *Propiedades fisicoquímicas y termicas del almidón extraído de papa nativa (Solanum tuberosum L.) variedad santa rosa cultivada en el distrito de Chugay – provincia de sánchez carrión [en línea].* 2017. Universidad Nacional de Trujillo. [Consulta: 2021/07/01]. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10057/Quezada Moncada Asthry Jane.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

REYNA, Helena. *Comparación de dos biopolímeros, uno a base de almidón de papa y goma xantán.* Universidad De San Carlos Guatemala Facultad. 2018. p. 38.

RODRÍGUEZ, Diana; et al. *Caracterización de algunas propiedades fisicoquímicas y farmacotécnicas del almidón de arracacha (Arracacia xanthorrhiza).* *Revista Colombiana de Ciencias Químico Farmacéuticas,* , vol. 34, no. 2 (2005), pp. 140-146. ISSN 0034-7418. *biopoliméricas.* [Tesis de pregrado]. Escuela Politécnica Nacional. 2017. p. 10.

TORRE, L; et al. *Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador.* In Herbario QCA de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador & Herbario AAU del Departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Aarhus. 2008. p. 5.

UPOV, 2011. Chirivía. *Ginebra.* vol. 2, pp. 1–26.

VIDAL, A; et al. *Chirivía*. Serie Agricultura. 2012. (2).p. 131–141.

VILLADA, H. S., ACOSTA, H. A., & VELASCO, R. J. Investigación de almidones termoplásticos, precursores de productos biodegradables. *Informacion Tecnologica*, 19(2), (2008). pp. 3–14. [Consulta: 2021/07/02]. Disponible en: <https://doi.org/10.4067/s0718-07642008000200002>.

VILLALTA, Antonio. *Evaluación de la biodegradabilidad de diferentes formulaciones de un bioplástico sintetizado, a partir del almidón obtenido de la cáscara de mango (Mangifera indica L.) A ESCALA LABORATORIO.* Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 2018. pp. 60-62.

YUNGÁN, Álvaro. *Efecto del método de extracción del almidon de mashua (Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pav.) En las características fisicoquímicas y reologicas.* Universidad Técnica De Ambato. Ambato- Ecuador.2015. p.19.



DIRECCION DE BIBLIOTECAS
Y RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE
Y LA INVESTIGACION
Ing. Monatan Parreño Uquillas MBA
ANALISTA DE BIBLIOTECA 1

ANEXOS

ANEXO A: EXTRACCIÓN Y OBTENCIÓN DE ALMIDÓN DE CHIRIVÍA



Licuado de chirivía



Decantación del almidón



Secado del almidón de chirivía

ANEXO B: EXTRACCIÓN Y OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN DE OCA



Decantación de almidón de oca



Almidón de oca húmedo



Almidón de oca seco

ANEXO C: TAMIZAJE Y MOLIENDA DEL ALMIDÓN



Molienda del almidón de chirivía



Moliendo del almidón de oca



Tamizaje de almidón

ANEXO D: CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE CHIRIVÍA Y OCA



Viscosidad del almidón



Viscosidad de almidón de chirivía



Viscosidad de almidón de oca



Ensayo de ceniza para almidón.



Suspensión de almidón para solubilidad



Tubos con gel de almidón



Sobrenadante para solubilidad



Vaso con insolubles

ANEXO E: CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE CHIRIVÍA Y OCA



Temperatura de gelatinización de chirivía



Temperatura de gelatinización de oca



Preparado medir pH de almidón



Preparado para pH en agitador



Filtrado para medir pH



Filtrado para medir pH



Resultado de pH de almidón de oca



Resultado de pH de almidón de chirivía

ANEXO F: OBTENCIÓN Y ELABORACIÓN DEL BIOPLÁSTICO



Vertido en placa de bioplástico de oca



Bioplástico de oca



Vertido en placa del bioplástico



Bioplástico de Chirivía y oca

ANEXO G: CARACTERIZACIÓN DEL BIOPLÁSTICO



Determinación de humedad del bioplástico



Medición de espesor



Agitación para solubilidad del bioplástico



Solubilidad del bioplástico

ANEXO H: BIODEGRADACIÓN DEL BIOPLÁSTICO



Biodegradación del bioplástico en agua.



Biodegradación del bioplástico en tierra

ANEXO I: RESULTADO DE AMILOSA DEL ALMIDÓN DE CHIRIVÍA Y OCA

MC-LSAIA-2201-06

	<p>INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD LATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS Panamericana Sur Km. 1. Cutuglagua Tlfs. 2690691-3007134. Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340</p>	
---	---	---

INFORME DE ENSAYO No: 21-097

NOMBRE PETICIONARIO:	Srta. Mayra Paulina Colcha Flores	INSTITUCIÓN:	Particular
DIRECCION:	Riobamba	ATENCIÓN:	Srta. Mayra Paulina Colcha Flores
FECHA DE EMISION:	01/06/2021	FECHA DE RECEPCIÓN.:	06/05/2021
FECHA DE ANALISIS:	Del 10 al 25 de mayo de 2021	HORA DE RECEPCIÓN:	11h45
		ANALISIS SOLICITADO:	Amilosa

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA ^Ω		IDENTIFICACIÓN
METODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04		
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	Morrison y Laignelet 1983		
UNIDAD	%	%		
21-0603	9,61	26,20		Almidón de Chirivia
21-0604	8,37	14,46		Almidón de Oca

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente



Escaneado electrónicamente por:
IVAN RODRIGO SAMANIEGO MAIGUA

Dr. Iván Samaniego
RESPONSABLE TÉCNICO

RESPONSABLES DEL INFORME



Escaneado electrónicamente por:
BLADIMIR EFRAIN ORTIZ RAMOS

Ing. Bladimir Ortiz
RESPONSABLE CALIDAD

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

ANEXO J: ANÁLISIS QUÍMICO DEL ALMIDÓN DE CHIRIVÍA



INFORME DE ANÁLISIS QUÍMICOS

Fecha: 18 de Agosto del 2021

Análisis solicitado por: Srta. Mayra Colcha

Tipo de muestras: Almidón de Chirivía (*Pastinaca sativa*)

Localidad: Riobamba

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	Método	Resultados
Proteína Bruta	%	Kjeldhal	0,61
Grasa	%	Gravimétrico-extracción	0,17
Fibra	%	Digestión acida básica	0,12

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

ANEXO K: ANÁLISIS QUÍMICO DEL ALMIDÓN DE OCA



INFORME DE ANÁLISIS QUÍMICOS

Fecha: 18 de Agosto del 2021

Análisis solicitado por: Srta. Mayra Colcha

Tipo de muestras: Almidón de Oca (*Oxalis tuberosa*)

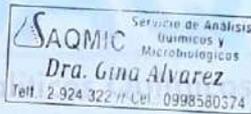
Localidad: Riobamba

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	Método	Resultados
Proteína Bruta	%	Kjeldhal	0,94
Grasa	%	Gravimétrico-extracción	0,27
Fibra	%	Digestión acida básica	0,51

Observaciones:

Atentamente,



Dra. Gina Álvarez R.

RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

ANEXO L: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALMIDÓN DE CHIRIVIA



INFORME DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Fecha: 18 de Agosto del 2021
Análisis solicitado por: Srta. Mayra Colcha
Tipo de muestras: Almidón de Chirivía (*Pastinaca sativa*)
Localidad: Riobamba

Análisis Microbiológico

Determinaciones	Unidades	Método	Resultados
Aerobios Mesófilos	UFC/g	Siembre en masa	<10
Coliformes Totales	UFC/g	Siembre en masa	Ausente
Coliformes Fecales	UFC/g	Siembre en masa	Ausente
Mohos y Levaduras	UFC/g	Siembre en masa	<10

Observaciones:

Atentamente,



Dra. Gina Álvarez R.

RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

ANEXO M: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALMIDÓN DE OCA



INFORME DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Fecha: 18 de Agosto del 2021

Análisis solicitado por: Srta. Mayra Colcha

Tipo de muestras: Almidón de Oca (*Oxalis tuberosa*)

Localidad: Riobamba

Análisis Microbiológico

Determinaciones	Unidades	Método	Resultados
Aerobios Mesófilos	UFC/g	Siembre en masa	<10
Coliformes Totales	UFC/g	Siembre en masa	Ausente
Coliformes Fecales	UFC/g	Siembre en masa	Ausente
Mohos y Levaduras	UFC/g	Siembre en masa	20

Observaciones:

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.

RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.



ANEXO N: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL BIOPLÁSTICO



INFORME DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Fecha: 26 de Agosto del 2021

Análisis solicitado por: Srta. Mayra Colcha

Tipo de muestras: Bioplástico del almidón de Chirivía (*Patinaca sativa*) y Oca (*Oxalis tuberosa*)

Localidad: Riobamba

Análisis Microbiológico

Determinaciones	Unidades	Método	Resultados
Aerobios Mesófilos	UFC/g	Siembre en masa	20
Coliformes Totales	UFC/g	Siembre en masa	Ausencia
Coliformes Fecales	UFC/g	Siembre en masa	ausencia
Mohos y Levaduras	UFC/g	Siembre en masa	<10

Observaciones:

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.

RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.



ANEXO Ñ: ENSAYO MECÁNICO DEL TRATAMIENTO TM1

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 01	
SOLICITADO POR:	Materia Plástica Colón Fines
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN DE PLÁSTICOS BIODEGRADABLES DE CHIRIVIA (Pantosa Salva) Y DE OCA (Oxala Tubosa) PARA USO EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC DE CIENCIAS BSC ING BIQUIMICA Y FARMACIA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLASTICO
MATERIAL:	LAMINA DE PLASTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 07
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2035-012
FECHA DE ENSAYO:	21-02-21
EQUIPO UTILIZADO:	MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAWO08
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-F-20165006-COD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	P1
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.13
ANCHURA [mm]	7.36
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	0.96
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	9.165E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	1.05
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.10
CARGA MAXIMA [N]	1.07
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	1.12
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	0.52
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



LenMaV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Anibal Viñan B. MsC.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total del mismo documento.

1/1

ANEXO O: ENSAYO MECÁNICO DEL TRATAMIENTO TM2



Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 1B-1	
N° 02	
SOLICITADO POR:	Mayra Pazina Cecilia Flores
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN DE PLÁSTICOS BIODEGRADABLES DE CHIRIVIA (Pastinaca Sabra) Y DE OCA (Oca de Tuberosa) PARA USO EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA"
DIRECCIÓN:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS (ING. BIOTÉCNICA Y FARMACIA)
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLASTICO
MATERIAL:	LAMINA DE PLASTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 07
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635-012
FECHA DE ENSAYO:	21-jul-21
EQUIPO UTILIZADO: MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGDONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7135	CERTIFICADO: LNM-F-201650056 COD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL:	P2
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.13
ANCHURA [mm]	7.83
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	1.02
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	4.620.E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	1.12
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.10
CARGA MAXIMA [N]	1.25
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	1.22
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	0.80
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñan B. MsC.
 GERENTE DEL LABORATORIO
 ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no es responsable por la reproducción parcial o total de este documento.

1/1

ANEXO P: ENSAYO MECÁNICO DEL TRATAMIENTO TM3



Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 1B - 1	
Nº 03	
SOLICITADO POR:	Mayra Paulina Colcha Flores
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN DE PLÁSTICOS BIODEGRADABLES DE CHIRIVIA (Postreca Sobria) Y DE OCA (Osaña Taberosa) PARA USO EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. BIQUÍMICA Y FARMACIA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLASTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACION:	2021 - 07
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635-012
FECHA DE ENSAYO:	21-jul-21
EQUIPO UTILIZADO:	MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7130
CERTIFICADO:	LNM-F-201650006
CÓD IDENT:	M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	P3
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.13
ANCHURA [mm]	7.25
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	0.87
MÓDULO DE ELASTICIDAD [MPa]	6.709E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	1.37
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.57
CARGA MÁXIMA [N]	2.77
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	2.03
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN [%]	1.68
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:

Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.
 GERENTE DEL LABORATORIO
 ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no es responsable por la reproducción parcial o total de este documento.

1/1

ANEXO Q: ENSAYO MECÁNICO DEL TRATAMIENTO TM4

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 04	
SOLICITADO POR:	Mayra Paulina Colcho Flores
PROYECTO DE TESIS:	“OBTENCIÓN DE PLÁSTICOS BIODEGRADABLES DE CHIRIVIA (Passiflora-Sativa) Y DE OCA (Dactis. Tuberosa) PARA USO EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA”
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. BIQUÍMICA Y FARMACIA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLASTICO
MATERIAL:	LAMINA DE PLASTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 07
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2035.012
FECHA DE ENSAYO:	21-Jul-21
EQUIPO UTILIZADO:	MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW500B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNS-F-201650006
COD IDENT:	M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	P4
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.1
ANCHURA [mm]	7.45
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	0.75
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	6.389E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	0.97
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.30
CARGA MAXIMA [N]	1.30
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	1.47
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	1.48
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



Ing. Anibal Viñan B. MsC.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de este documento.

1/1



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 19 / 05 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: <i>Mayra Paulina Colcha Flores</i>
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: <i>Ciencias</i>
Carrera: <i>Bioquímica y Farmacia</i>
Título a optar: <i>Bioquímica Farmacéutica</i>
f. Analista de Biblioteca responsable: <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>

0897-DBRA-UTP-2022