



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE LA
OCA (*Oxalis tuberosa*) Y DE LA YUCA (*Manihot esculenta*)
PARA LA UTILIZACIÓN COMO ENVOLTURA DE
ALIMENTOS**

Trabajo de Titulación:

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTOR: MELISSA MICHELLE PASTUIZACA CASTRO

DIRECTOR: Ing. HANNIBAL LORENZO BRITO MOINA M. Ph.D.

Riobamba - Ecuador

2020

©2020, Melissa Michelle Pastuizaca Castro

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, Melissa Michelle Pastuizaca Castro, declaro que el presente trabajo de titulación 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 titulación.; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, **02 de diciembre de 2020**

Digitally signed by
MELISSA MICHELLE
PASTUIZACA
CASTRO

Date: 2020.12.02 15:44:30 ECT
Reason: ESPOCH
Location: Riobamba - Ecuador

Melissa Michelle Pastuizaca Castro

2200141048

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo Investigación, **OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE LA OCA (*Oxalis tuberosa*) Y DE LA YUCA (*Manihot esculenta*) PARA LA UTILIZACIÓN COMO ENVOLTURA DE ALIMENTOS** realizado por la señorita: MELISSA MICHELLE PASTUIZACA CASTRO, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, El mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Mayra Paola Zambrano Vinueza PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 <small>Firmado electrónicamente por</small> MAYRA PAOLA ZAMBRANO VINUEZA	02/12/2020
Ing. Hanníbal Lorenzo Brito Moína Ph.D. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	02/12/2020
Ing. Danielita Fernanda Borja Mayorga MIEMBRO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	02/12/2020

DEDICATORIA

Este trabajo está dirigido para mis Padres, agradeciendo primeramente a Dios por ayudarme a culminarlo. En segundo lugar, a mi familia, hermanos e hijo ya que ellos fueron mi sostén durante mi tiempo académico, poniendo en mí su confianza y ayuda no solo económica si no también emocional, compartiendo y celebrando juntos éste logro alcanzado.

AGRADECIMIENTOS

El fin de este trabajo fue logrado gracias al apoyo de mis Padres Myrian Castro y José Pastuizaca, siendo ellos un apoyo incondicional en mi vida académica y emocional, gracias a ellos por inculcarme valores y consejos. Así también agradezco a mi hermano Ibanop Pastuizaca ya que fue un pilar fundamental para continuar y culminar mis estudios académicos. El gran apoyo dado por mi familia y la fuerza para culminarlo se lo debo a mi hijo Luca.

Un agradecimiento a mis Profesores de toda mi carrera universitaria por su tiempo y conocimientos impartidos.

Agradezco al Ingeniero Hannibal Brito y Danielita Borja por su seguimiento para culminar este trabajo.

Finalmente agradezco a personas que compartieron su amistad y ayuda durante mi periodo académico en especial a Francis Parra, gracias por su tiempo y por ser un profesor para mí.

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN	xiv
SUMMARY	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	3
1.1 Identificación del problema.....	3
1.2 Justificación de la investigación.....	4
1.3 Objetivos de la investigación.....	6
1.3.1 General.....	6
1.3.2 Específicos	6
CAPÍTULO II	7
2. MARCO METODOLÓGICO	7
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	7
2.2.1 Tubérculos.....	10
2.1.1.2 La Oca (Oxalis tuberosa).....	13
2.1.2 Polímeros	16
2.1.2.1 Polímero biodegradable.....	16
2.1.2.2 Almidón	16
2.1.2.3 Gelatinización	18
2.1.2.4 Plastificantes	18

2.1.2.5	Glicerina.....	18
2.1.2.8	Biodegradación aerobia.....	19
2.2	Planteamiento de las hipótesis.....	20
2.2.2	Hipótesis General.....	20
2.2.3	Hipótesis Específicas.....	20
2.3	Identificación de Variables.....	21
2.4	Operacionalización de Variables.....	22
2.5	Tipo y Diseño de Investigación.....	23
2.6	Unidad de Análisis.....	23
2.7	Población de Estudio.....	23
2.8	Tamaño de Muestra.....	23
2.9	Selección de muestra.....	24
2.10	Técnicas de Recolección de Datos.....	24
2.10.1	Obtención del almidón.....	24
2.11	Técnica de obtención del bioplástico.....	31
CAPÍTULO III.....		34
3	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
3.10	Datos obtenidos de los ensayos físicos- químicos de la Oca y Yuca.....	35
3.1.1	Rendimientos obtenidos del almidón.....	35
3.1.2	Ensayos físicos químico para el almidón de Yuca y Oca.....	39
3.2	Resultados obtenidos del bioplástico.....	42
3.2.1	Análisis sensorial del bioplástico.....	43
3.2.2	Cálculos realizados a los ensayos de bioplásticos de yuca y oca.....	45
3.2.3	Resultados de la caracterización físicos y mecánicos del bioplástico.....	47
3.3	Discusión.....	56
3.5	Prueba de hipótesis.....	59
3.5.1	Hipótesis 1.....	59

3.5.2	Hipótesis 2.....	60
3.5.3	Hipótesis 3.....	61
3.5.4	Hipótesis 4.....	61

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Taxonomía de la yuca	12
Tabla 2-2: Valor nutricional de la yuca	13
Tabla 3-2: Taxonomía de la oca	15
Tabla 4-2: Composición de la oca (por 100 gramos de materia fresca)	16
Tabla 5-2: Técnicas de ensayos físico químico para los almidones de yuca y oca	27
Tabla 6-2: Tabla de datos obtenido del diseño factorial 2^k para la obtención de bioplástico	31
Tabla 7-2: Concentraciones de variables y constantes para la elaboración de bioplástico	32
Tabla 8-2: Proceso para la elaboración de los bioplásticos	32
Tabla 9-2: Ensayos para la caracterización de las biopelículas	33
Tabla 1-3: Análisis cualitativos de la oca y yuca	35
Tabla 2-3: Variables para la obtención de almidón de yuca y oca	35
Tabla 3-3: Resultados del rendimiento obtenido de la oca.....	35
Tabla 4-3: Resultados del rendimiento obtenido de la yuca.....	37
Tabla 5-3: Análisis de varianza del rendimiento obtenido de la oca	38
Tabla 6-3: Análisis de varianza del rendimiento obtenido de la yuca	38
Tabla 7-3: Resultados de la densidad aparente	39
Tabla 8-3: Resultados de solubilidad.....	39
Tabla 9-3: Resultados de pH	39
Tabla 10-3: Resultados del contenido de ceniza	40
Tabla 11-3: Resultados de humedad y materia seca.....	40
Tabla 12-3: Resultados de la temperatura de gelatinización	40
Tabla 13-3: Resultados del tamaño de gránulo	41
Tabla 14-3: Resultados de la amilosa y amilopectina	41
Tabla 15-3: Requisitos fisicoquímicos de la yuca.....	42
Tabla 16-3: Resumen de las cantidades usados para la elaboración del bioplástico de yuca y oca....	42
Tabla 17-3: Ensayos preliminares para la formación de bioplástico de yuca	43
Tabla 18-3: Ensayos preliminares para la formación de bioplástico de oca	44
Tabla 19-3: Resultados del ensayo de espesor del bioplástico de yuca	47
Tabla 20-3: Resultados del ensayo de espesor del bioplástico de oca	48
Tabla 21-3: Humedad de los bioplásticos	48

Tabla 22-3: Solubilidad en el agua de los bioplásticos de oca	49
Tabla 23-3: Solubilidad en el agua de los bioplásticos de yuca	49
Tabla 24-3: Datos para el ensayo de permeabilidad de vapor.....	50
Tabla 25-3: Resultados de la tasa de transmisión de vapor de agua.....	50
Tabla 26-3: Resultados de la permeabilidad de vapor de agua	51
Tabla 27-3: Resultados de las propiedades mecánicas del bioplástico de yuca.....	51
Tabla 28-3: Resultado de las propiedades mecánicas del bioplástico de oca	51
Tabla 29-3: Resultado de la biodegradabilidad del bioplástico de oca	52
Tabla 30-3: Resultado de la biodegradabilidad del bioplástico de yuca	54
Tabla 31-3: Resultados de biodegradabilidad de la yuca y oca.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Yuca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz).....	10
Figura 2-2: Variedad de Oca	13
Figura 3-2: Diagrama de flujo para la obtención de almidón de yuca.....	25
Figura 4-2: Diagrama de flujo para la obtención de almidón de oca.....	26
Figura 5-2: Diseño factorial 2^k para la elaboración de bioplástico de Oca y Yuca.....	31
Figura 6-2: Probeta tipo A.....	34
Figura 1-3: Biopelículas obtenidas de los ensayos preliminares de la yuca	44
Figura 2-3: Biopelículas obtenidas de los ensayos preliminares de la oca	45
Figura 3-3: Biopelículas de Oca expuestas a biodegradabilidad aerobia T1	53
Figura 4-3: Biopelículas de Oca expuestas a biodegradabilidad aerobia T3	53
Figura 5-3: Biopelículas de Oca expuestas a biodegradabilidad aerobia T2	53
Figura 6-3: Biopelículas de Oca expuestas a biodegradabilidad aerobia T4	53
Figura 7-3: Biopelículas de la yuca expuestas a biodegradabilidad aerobia T1	55
Figura 8-3: Biopelículas de la yuca expuestas a biodegradabilidad aerobia T2	55

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfica 1-3: Biodegradabilidad de los bioplástico de oca.....	52
Gráfica 2-3: Biodegradabilidad de los bioplástico de la yuca.....	54
Gráfica 3-3: Espesor de las biopelículas de Oca y Yuca.....	57
Gráfica 4-3: Humedad del bioplástico de oca-yuca	57
Gráfica 5-3: Solubilidad del bioplástico de Oca- Yuca	58
Gráfica 6-3: Biodegradabilidad de los bioplásticos	59
Gráfica 7-3: Rendimiento de almidón de oca	60
Gráfica 8-3: Rendimiento de almidón de yuca	60
Gráfica 9-3: Ensayos fisicoquímico-realizados al almidón de Oca y Yuca	61

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN DE OCA

ANEXO B: OBTENCIÓN DEL RENDIMIENTO DEL ALMIDÓN DE OCA

ANEXO C: ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL ALMIDÓN DE YUCA Y OCA

ANEXO D: ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICO DE YUCA Y OCA

ANEXO E: ENSAYOS PARA EL BIOPLÁSTICO DE YUCA Y OCA

ANEXO F: PRUEBA DE AMILOSA

ANEXO G: PRUEBA MECÁNICA

ANEXO H: PRUEBA DE TRACCIÓN

RESUMEN

Este trabajo de investigación tiene como objetivo la elaboración de una película biodegradable a partir de la oca (*Oxalis tuberosa*) y de la yuca (*Manihot esculenta*) para la utilización como envoltura de alimentos, iniciando con la caracterización físico química y microbiológica de la materia prima, posteriormente se procedió con la extracción del almidón, mediante la guía descrita por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), utilizando el diseño experimental 2^k (con dos variables la velocidad y el tiempo, obteniendo 6 tratamientos con 4 repeticiones cada una), para lo cual, se utilizó 1 litro de agua para cada muestra, con el fin de determinar el mejor rendimiento, luego se realizó el análisis proximal en base la norma INEN 1456. A continuación se procedió a la obtención de los bio plásticos utilizando cuatro tratamientos, cada uno de ellos obtuvo concentraciones variadas de almidón (8,2% y 11,2%) y plastificante (5,2% y 9,5%), con concentraciones constantes de vinagre, agua, temperatura y tiempo, luego de lo cual, se realizaron ensayos sensoriales, determinando que en todos los tratamientos realizados se formaron las biopelículas, con ciertas observaciones en TP2Y y TP2O las láminas de plástico biodegradables formadas tienden a ser pegajosas al tacto y el TP3O se dobla después del secado, además se realizaron ensayos como la humedad con diferentes rangos como tiene TP2O, TP2Y, TP4O, TP4Y (23,104%; 23,910%; 20,595%; 21,809%) mientras que para solubilidad TP2O tiene un 77,658% y TP2Y 70,718%. Las pruebas mecánicas fueron realizadas en dos probetas con un resultado para TP4Y 6,247. E+00 MPa, en el módulo de elasticidad y TP1Y 2,452. E+00 (MPa). Mediante un medio aerobio las biopelículas se descomponen aproximadamente en 50 días.

Palabras clave: < OCA (*Oxalis tuberosa*) >, < YUCA (*Manihot esculenta*)>, <ALMIDÓN>, <RENDIMIENTO>, <BIOPLÁSTICO>, <BIOPELÍCULA>

LUIS
ALBERTO
CAMINOS
VARGAS

Firmado digitalmente por
LUIS ALBERTO CAMINOS
VARGAS
Nombre de
reconocimiento (DN):
c=EC, l=RIOBAMBA,
serialNumber=060276697
4, cn=LUIS ALBERTO
CAMINOS VARGAS
Fecha: 2020.09.17 10:39:38
-05'00'



0295-DBRAI-UPT-2020

SUMMARY

The objective of this research is to create a biodegradable film from goose (*Oxalis tuberosa*) and cassava (*Manihot esculenta*) to be used as food wrapping, starting with the physical-chemical and microbiological characterization of the raw material, later the starch was extracted, using the guidelines described by the United Nations Food and Agriculture Organization (FAO), using the 2k experimental design (with two variables: speed and time, obtaining 6 treatments with 4 repetitions each), for which, 1 liter of water was used for each sample, to determine the best performance, then the proximal analysis was performed based on the INEN 1456 standard. After this process, the bioplastics were obtained using four treatments, each of which obtained varied concentrations of starch (8,2% and 11,2%) and plasticizer (5,2% and 9,5%), with constant concentrations of vinegar, water, temperature and time, after which, sensory tests were performed. It was determined that in all the treatments carried out, biofilms were formed, with certain observations in TP2Y and TP2O, the biodegradable plastic sheets formed tend to be sticky to the touch and the TP3O bends after drying. Also, humidity tests were carried out with different ranges such as TP2O, TP2Y, TP4O, TP4Y (23,104%; 23,910%; 20,595%; 21,809%) while for solubility TP2O has 77,658% and TP2Y 70,718%. The mechanical tests were performed on two specimens with a result for TP4Y of 6,247. E+00 MPa, in the modulus of elasticity and TP1Y 2,452. E+00 (MPa). Biofilms decompose in an aerobic environment in approximately 50 days.

Keywords: <OCA (*Oxalis tuberosa*)>, <YUCA (*Manihot esculenta*)>, <STARCH>, <PERFORMANCE>, <BIOPLASTIC>, <BIOFILM>

INTRODUCCIÓN

Los plásticos son responsables de la mayor parte de la acumulación de residuos en la naturaleza y afectan directamente al ambiente y a la población. Por lo tanto, varios países del mundo se han dado cuenta de la necesidad de reducir un gran número de materiales difíciles de degradar (principalmente plásticos sintéticos), fomentar y apoyar la investigación desde la perspectiva de encontrar alternativas ecológicamente viables . (Cobana y Antezana, 2007).

Una opción favorable son los biopolímeros tienen propiedades similares a los plásticos de origen petroquímico, y tienen la ventaja de ser degradados por microorganismos del medio en poco tiempo. Por tanto, la participación de los plásticos biodegradables en el mercado internacional es todavía muy pequeña. A pesar de sus ventajas de aplicación, los bioplásticos son más caros que los plásticos sintéticos en términos de protección ambiental, menos flexibles y tienen un rango de aplicaciones más limitado. (Cobana y Antezana, 2007). A nivel industrial la producción actual de bioplásticos representa aproximadamente el 1% de los casi 320 millones de toneladas de plástico que se producen por año. (EuropeanBioplastic, 2017, pp.1-7) En América del Sur la producción de bioplástico está dada por Colombia, Chile, Argentina y Brasil. Específicamente en el Ecuador no existe hasta la fecha registro de empresas que se dediquen a la producción de bioplásticos, aunque si se reportan investigaciones orientadas a su obtención a partir de almidón de achira, banana, oca, encontrándose dentro de las especies cosechadas en el país (Encalada , 2016).

Investigadores de la Universidad de Otago, Nueva Zelanda, están desarrollando una envoltura flexible para alimentos, utilizando subproductos del maíz y de los mariscos. Se trata de un bioplástico comestible con principios activos, que busca ofrecer una alternativa a los plásticos petroquímicos existentes al ser fácilmente compostables. (Mcphee, 2018)

Se debe tomar en cuenta que Ecuador es un país con un gran movimiento agrícola, por lo que tiene mucho interés en el aprovechamiento de los residuos agrícolas. Rara vez se utiliza como materia prima para la obtención de bioplásticos. Por lo tanto, es una oportunidad de negocio para el Ecuador, y también es un desarrollo de nuevos materiales amigables con el ambiente. Generalmente en el mercado ecuatoriano existe una baja comercialización de productos ya industrializados no muy reconocidos elaborados a base de ciertos cultivos andinos entre ellos los tubérculos, se ve también que en los últimos años se le dio prioridad a los granos andinos que obtuvo relevancia en el mercado. La oca es un producto originario de los andes, fuente importante de energía y una de las cualidades de este tubérculo es que crece bien en latitudes más altas, lo cual es favorable para su alta producción

en nuestra región. (Suquilanda, 2018. pp. 46-54), conteniendo un alto porcentaje de almidón que es el segundo polisacárido más abundante se encuentra ampliamente distribuido en las plantas en donde es almacenado como reserva de hidratos de carbono en las semillas, frutas, tubérculos, raíces, y tallos. Es un polímero poli disperso que se presenta como polímero lineal en el caso de la amilosa y como polímero de alta ramificación en el caso de la amilopectina, contienen aproximadamente 17-27% de amilosa, y el resto de amilopectina. (Aristizábal, 2007. pp.35-36)

Es por esto por lo que se debe aprovechar el almidón de algunos tubérculos para la aplicación de bioplástico, además de su bajo precio son factibles de conseguir. El proceso de extracción de almidón se logra a nivel de laboratorio, normalmente consisten en romper las paredes celulares para liberar los gránulos de almidón por medio de un proceso de licuado, seguidamente haciendo la adición de agua y luego se procede con el filtrado, todo esto permite la separación de las partículas de almidón presentes en los tubérculos (Cobana y Antezana, 2007). Luego del proceso de extracción del almidón seguidamente se mezcla los aditivos como son el plastificante (glicerina), conservante (vinagre) con el fin de prevenir microorganismo en la lámina y por último agua, todo son puesto en moldes y expuestas a un secado en la estufa, luego de un cierto tiempo son despegadas las biopelículas.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Identificación del problema

Actualmente, los polímeros sintéticos son muy útiles como materiales de embalaje, pero debido a que no son fáciles de reciclar y se degradan muy lentamente, generan una gran cantidad de residuos al ambiente. El Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) informa que cada habitante del Ecuador produce en promedio alrededor de 0,58 kilogramos de residuos sólidos, en el área urbana, según la Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales, correspondiente al año 2016. Mensualmente, en Ecuador, se generan 375.000 toneladas de Residuos Sólidos Urbanos (RSU), de las cuales, el 57% es orgánico y el porcentaje restante inorgánico, de la fracción inorgánica, el 25% corresponde a residuos plásticos. Para el año 2019 Ecuador reportó 1500 millones de fundas plásticas tipo camiseta se elaboran cada año. Solo 5 de cada 10 son recicladas o reutilizadas, 10 ciudades del país incluidas Quito y Guayaquil, generan el 59,3% del total de residuos sólidos, 40% del plástico recogido en la isla Isabela (Galápagos) tuvo como procedencia China, 38% fue de Perú y 18% de Ecuador. (ElTelégrafo,2019)

A través del descubrimiento de nuevas tecnologías, se han obtenido biopelículas como una alternativa viable a la degradación de residuos en el ambiente. Sus materias primas son simples, de bajo costo y fáciles de procesar, lo que ayuda a su uso. Considerando que en el Ecuador se genera a nivel nacional un aproximado de 6.660,820 Tm/año de residuos agrícolas (Guerrón,2014, pp.1-51), la fabricación de bioplásticos a partir de estos residuos es una idea atractiva.

Para este estudio se tomará en cuenta aquellos tubérculos que fueron cultivados en el Ecuador prehispánico por su agradable sabor, pero su producción en los últimos años se ha visto relegada a pequeñas parcelas, sin alcanzar un alto grado de aceptabilidad y produciendo un desperdicio de esta misma y sin ser aprovechados el contenido de almidón que éstas poseen (El Telégrafo, 2016). La oca es el segundo tubérculo, después de la papa, que forma parte de la dieta andina, incluso antes de que el maíz tomara importancia. La yuca ocupa el cuarto lugar, después del arroz, del maíz y la caña de azúcar, en lo referente a cantidad de calorías producidas y utilizada directamente para el consumo humano, sin embargo, el esfuerzo en la investigación e implementación de nuevas tecnologías de producción de alimentos en las áreas tropicales dedicadas al cultivo de la yuca resulta mínima si comparamos con lo empleado en cereales (La Hora, 2006).

1.2 Justificación de la investigación

Dado que los plásticos son de tipo sintético, la contaminación provocada por los plásticos se ha desarrollado en gran medida en la actualidad, debido a sus propiedades físicas y químicas, son difíciles de degradar en poco tiempo y acumularse. La mayoría de los polímeros sintéticos se producen a partir de compuestos petroquímicos y sus desechos permanecen en el ambiente, generando altos niveles de contaminación y potencialmente causando daños a la vida silvestre. Reciclar plásticos convencionales es una forma de reducir el problema, pero muchos envases de plástico no se pueden reciclar porque están contaminados con alimentos y tinta y, por lo tanto, deben limpiarse de antemano, lo cual es costoso. (Ruiz, 2005. p.7)

La preocupación por la protección del ambiente ha impulsado la promoción de la investigación sobre la fabricación de polímeros biodegradables basados en recursos renovables de origen natural. Es por ello por lo que se elige el método de producción de bioplásticos, que tiene las mismas características sensoriales que los plásticos tradicionales, que puede sustituir al envasado de alimentos, sustituyendo así a los materiales sintéticos, y es beneficioso para el medio ambiente.

Se ha demostrado que es factible obtener películas plásticas biodegradables flexibles a partir de yuca, mazorca de maíz, papa, plátano y otros almidones poliméricos naturales como sustituto del envasado de alimentos. Se han establecido métodos para procesar y fabricar películas a base de almidón biodegradable, e incluso existen patentes para producir almidón termoplástico como materia prima para películas biodegradables. “La ASTM D- 5488-944 define la biodegradabilidad como la capacidad de un material de descomponerse en dióxido de carbono, metano, agua y componentes orgánicos, o biomasa, en el cual el mecanismo predominante es la acción enzimática de microorganismos, y puede medirse por ensayos estándares en un período específico de tiempo reflejado en condiciones disponibles de almacenamiento”. (Ruiz, 2005. p.7)

En el Ecuador, la oca (*Oxalis tuberosa*), se cultiva principalmente en un sistema de agricultura de subsistencia entre 2 mil y 4 mil m s.n.m. Las principales zonas productoras están ubicadas en las provincias de Imbabura, Tungurahua, Cañar, Cotopaxi y Chimborazo. Las ocas chauchas tienen un ciclo de cultivo hasta 5 meses y presentan un mayor tamaño. (El Telégrafo, 2016). En la provincia de Imbabura donde la agricultura está orientada al mercado, algunos productos, como las ocas, podrían perderse debido a la limitada demanda y un período prolongado de precios bajos. (El Telégrafo, 2016). La yuca en Ecuador es un cultivo tradicional que se produce en la costa occidental, la amazonia oriental, Loja y Santo Domingo de los Colorados.

Actualmente en el país se están generando tecnologías agroindustriales que permitan su re inserción en los cultivos y la conservación de las diversas variedades de estos tubérculos andinos e indica que el conocimiento local sobre la oca es bastante restringido y hasta confuso por el hecho de que se han perdido algún tipo de ocas que antes se cultivaban. (La Hora, 2006).

El almidón contenido en la yuca y la oca se utilizará para producir biopelículas con parámetros físicos y químicos aceptables para reemplazar el empaque de alimentos.

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 General

- Obtener una biopelícula a partir de la oca (*Oxalis tuberosa*) y de la yuca (*Manihot esculenta*) para la utilización como envoltura de alimentos.

1.3.2 Específicos

- Caracterizar las propiedades física, química y microbiológica de la Oca y de la Yuca.
- Determinar el método más adecuado para la obtención de la biopelícula de la Oca y de la Yuca.
- Realizar la caracterización fisicoquímica del almidón obtenido de la Oca y de la Yuca en base a la norma INEN 1456 (Reactivos para análisis. Almidón soluble. Métodos de ensayo).
- Validar la biopelícula obtenido en base a la norma ASTM D882 (Método de prueba estándar para las propiedades de tracción de láminas de plástico fino) y la Norma ASTM D1653-93 (Método de prueba estándar para la transmisión de vapor de agua de películas de revestimiento orgánicas).

CAPÍTULO II

2 MARCO METODOLÓGICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

El uso de recursos renovables y la biodegradabilidad del producto se consideran las nuevas alternativas para disminuir el impacto ambiental ocasionado por la acumulación de materiales sintéticos. Entre los criterios de diseño compatibles con el medio ambiente se encuentran los polímeros biodegradables para películas y envases. Estos polímeros tienen origen en materias orgánicas, de ahí el concepto de plásticos biodegradables o bioplásticos, un principio renovable que puede biodegradarse por la acción de los microorganismos a corto plazo. La introducción de estos materiales ha fomentado la necesidad de evaluar el proceso de biodegradación. Este factor, impulsado con el creciente consumo de los bioplásticos, ha determinado el desarrollo de investigaciones y formulación de normas y criterios de ensayos para evaluar la biodegradabilidad. (Rodríguez, 2012. p.70)

Los polímeros sintéticos fueron inventados desde hace aproximadamente 60 años y desde entonces se han hecho numerosos progresos en el campo de sus aplicaciones. Una de sus características es su durabilidad lo cual constituye una desventaja debido a su persistencia en el medio durante tiempos muy largos, ocupando espacio en los rellenos sanitarios y a la emisión de gases durante la incineración. Por lo anterior, se han hecho grandes esfuerzos por desarrollar polímeros biodegradables con el fin de reemplazar los polímeros convencionales en aplicaciones tales como: empaques para alimentos y bolsas para basura. (Mark, 2001, p. 35)

Según Laos & Rivera (2004, p.43) “Las raíces y tubérculos andinos son fuentes importantes de energía, debido principalmente a su contenido de almidón un polisacárido muy complejo que se almacena en forma de gránulos en la célula de membrana delgada”

El almidón que se utiliza en esta investigación será obtenido del almidón de la yuca y de la Oca, como también la cáscara de éstos para evitar un desperdicio, ya que estos tubérculos son un recurso natural renovable, abundante en Ecuador y de bajo costo para su adquisición.

Las biopelículas comestibles representan un reemplazo y/o refuerzo para el producto, de manera que evitan la pérdida de humedad, aromas, migración de lípidos y permiten el intercambio controlado de gases importantes como el oxígeno, el carbono, el etileno, los cuales desempeñan funciones de respiración en los alimentos. Algunas de las ventajas que presentan estas biopelículas, además de ser biodegradables, es la fácil adquisición de materia prima y los bajos costos

de producción y lo más importante es que pueden ser adquiridas y manipuladas de forma segura. Las biopelículas pueden ser utilizadas como medio de transporte de sustancias bioactivas como los prebióticos, los cuales se encargan de nutrir bacterias beneficiosas por sobre las nocivas, en el intestino. La inulina es un ejemplo de un compuesto prebiótico, la cual es un oligosacárido compuesto por unidades de fructosa principalmente. (Mataruna, 2000, p. 56)

Existen ya varios estudios realizados anteriormente relacionados a la obtención de biopelículas a partir de almidón específicamente de la yuca, en el caso de la Oca las investigaciones son escasas, pero contiene esta una cantidad estimada de almidón según (Mani,1998, p.113) nos da a mencionar que “el almidón ha sido considerado un material alternativo, en algunas aplicaciones termoplásticas, debido a su biodegradabilidad, disponibilidad y bajo costo”.

De esta manera, se obtendrá un producto útil, biodegradable, que no genere impacto ambiental al ser desechado y elaborado a partir de recursos renovables.

Puesto que el tema de interés es obtener un bioplástico a partir de almidón de la Oca y de la Yuca, la búsqueda de antecedentes se centrará únicamente en aquellos biopolímeros que puedan ser transformados en bioplásticos, por lo cual se presentan las siguientes investigaciones previas:

Cuadro 1-1: Antecedentes de Investigación

Título y autor	Resumen
<p>a) Título: <i>Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata</i></p> <p>Autor Mónica Margarita Charro Espinosa</p> <p>Fecha de publicación: 2015.</p> <p>Lugar de publicación: Trabajo de grado para la obtención del título de ingeniera química-Quito.</p>	<p>A partir de las mejores películas analizadas visualmente se determinó, que el plastificante adecuado era la glicerina, a la cual se añadió melanina como reticulante para disminuir su capacidad higroscópica, y se establecieron las mejores condiciones de trabajo. Posteriormente se estudió la influencia de las variables: concentración de almidón, plastificante y reticulante en las biopelículas obtenidas a partir de diferentes mezclas las cuales fueron definidas a través de un diseño factorial. En las biopelículas obtenidas se analizaron las siguientes propiedades: espesor, solubilidad, humedad, biodegradabilidad, permeabilidad, y la tracción en un solo sentido mediante el método de superficie de respuesta con puntos axiales se escogió la película que presentó las mejores características para el recubrimiento de frutas. De los resultados se concluye que, para cada una de las propiedades mecánicas, físicas y de biodegradabilidad de las películas varían de acuerdo con</p>

	<p>las concentraciones de almidón y plastificante. (Espinosa, 2015, p.3)</p>
<p>Título: <i>“Elaboración y caracterización de biopelículas a partir de almidón de yuca (Manihot esculenta crantz)”</i></p> <p>Autor: Virginia Buensuceso Solano</p> <p>Fecha de publicación: junio 2010</p> <p>Lugar: México D.F. Escuela Superior de Ingeniería Química e industrias extractivas.</p>	<p>El objetivo principal de este trabajo consistió en elaborar biopelículas a partir del almidón de yuca a nivel laboratorio, las cuales tuvieran características muy similares a las películas hechas a partir de polietileno. Para ello se desarrollaron cuatro capítulos, los cuales explican a detalle el título del presente trabajo. Llevando al lector paso a paso por el proceso desarrollado. El capítulo I se enfoca en las generalidades de la yuca, el almidón y las biopelículas, con la intención de comprender la importancia del desarrollo de nuevos empaques biodegradables. El capítulo II describe la obtención de la materia prima, los reactivos necesarios; así como el procedimiento de gelatinización térmica por medio del cual se obtienen las biopelículas. El capítulo III detalla el procedimiento experimental, que incluye el método de elaboración de las biopelículas, así como los métodos para realizar las pruebas de caracterización, como la determinación de densidad, determinación de humedad, comportamiento a la flama, entre otras. Finalmente, el capítulo IV se enfoca en el análisis de los resultados de la experimentación, con base en ellos se establece que dichos resultados son satisfactorios. Del mismo modo, en este capítulo se anexan los resultados de las pruebas de caracterización realizadas a las biopelículas y las comparaciones con estudios previos donde se usaron distintos almidones. (Solorzano, 2001, p.2)</p>

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

2.2.1 Tubérculos

2.2.1.1 Yuca (*Manihot esculenta* Crantz)



Figura 1-2: Yuca (*Manihot esculenta* Crantz)

Fuente: (EcuRed, 2013 p.213)

La yuca es una raíz rica en hidratos de carbono complejos, ideal dentro de una dieta equilibrada, además es un alimento saludable en cuanto a su alto contenido en vitaminas C Y B6 y minerales como el potasio y magnesio.

En el Ecuador se siembra en el trópico, pero el cultivo está localizado en todas las provincias del país inclusive en Galápagos. Las principales zonas de producción de yuca se encuentran en la región Litoral en las provincias de Manabí, Guayas y los Ríos; en la Sierra en Pichincha y Cotopaxi; en la Amazonía en Morona Santiago, Napo y Zamora Chinchipe. (INIAP, 1995, p. 15)

Es cultivado por pequeños productores de bajos ingresos económicos, ya que se produce en suelos pobres o en tierras marginales. Requiere de pocos fertilizantes, plaguicidas y agua; Es un cultivo de subsistencia por su alta producción de calorías por unidades de área, por la cantidad de mano de obra requerida en el cultivo, por la estabilidad de sus rendimientos y por el largo periodo de cosecha potencial (8 y 24 meses después de la siembra). Por ser una fuente barata de calorías tiene acogida entre los consumidores rurales y urbanos, es considerado como un producto prioritario en la seguridad alimentaria. (INiAP, 2014)

El almidón de yuca es un carbohidrato muy importante en países tropicales. Su precio es bajo cuando se compara con almidones obtenidos de otros recursos. Tiene propiedades bastante deseables, en aplicaciones alimenticias, tales como: color blanco, seco, inodoro, insaboro, insoluble y neutro. (Aristizábal, 2007, p. 48)

- *Morfología de la Yuca*

La yuca es un arbusto perenne de tamaño variable, que puede alcanzar los 3 m de altura. Se pueden agrupar los cultivares en función de su altura en: bajos (hasta 1,50 m), intermedios (1,50-2,50 m) y altos (más de 2,5 m). (EcuRed, 2016 p.213)

- ✓ Tallo

El tallo puede tener posición erecta, decumbente y acostada. Según la variedad, el tallo podrá tener ninguna, dos, o tres o más ramificaciones primarias, siendo el de tres ramificaciones el mayoritario en la yuca. Las variedades de ramificación alta, es decir, a más de 100 cm, facilitan las labores de escarda. El grosor del tallo se mide a 20 cm del suelo y puede ser delgado (menos de 2 cm de diámetro), intermedio (2-4 cm) y grueso (más de 4 cm). Al carácter del grosor del tallo se le ha asociado el alto rendimiento en raíces de reserva. (EcuRed, 2016 p.213)

- ✓ Hojas

De forma palmipartida, con 5-7 lóbulos, que pueden tener forma aovada o linear. Son simples, alternas, con vida corta y una longitud de 15 cm aproximadamente. Los peciolos son largos y delgados, de 20-40 cm de longitud y de un color que varía entre el rojo y el verde. La epidermis superior es brillante con una cutícula definida. Según la defoliación en la estación seca, las variedades de yuca se pueden retener algo de follaje, o gran parte de follaje (60% aproximadamente). (EcuRed, 2016 p.213)

- ✓ Flores

Es una especie monoica por lo que la planta produce flores masculinas y femeninas. Las flores femeninas se ubican en la parte baja de la planta, y son menores en número que las masculinas, que se encuentran en la parte superior de la inflorescencia. Las flores masculinas son más pequeñas. (EcuRed, 2016 p.213)

- ✓ Sistema radicular

Comprende la corteza externa, la corteza media y la corteza interna y el cilindro central, estela, pulpa o región vascular. La corteza externa llamada también súber o corcho, corresponde un 0,5-2,0% del total de la raíz. La industria del almidón prefiere aquellas variedades de adherencia débil. Posee un contenido en almidón bajo y en principios cianogénicos alto. Constituye un 9-15% del total de la raíz. La corteza interna está constituida por parte del parénquima de la corteza primaria, floema primario y secundario. (EcuRed, 2016 p.213)

- ✓ Requerimientos Edafoclimáticos
- Suelo

No es un cultivo exigente en cuanto a suelo, se da desde en suelos muy pobres en elementos nutritivos hasta en aquellos con una alta fertilidad. Preferiblemente los suelos han de tener un pH ligeramente ácido, entre 6 y 7, con una cierta cantidad de materia orgánica y han de ser sueltos, porosos y friables, evitando suelos con excesos de agua o desérticos. Es conveniente controlar la erosión de los suelos arenosos de sabana expuestos a erosión eólica, en los que debe realizarse el cultivo en franjas alternadas con pastos naturales o artificiales. (EcuRed, 2016, p.216)

- ✓ Temperatura

Los rendimientos máximos se obtienen en un rango de temperatura entre 25-29° C, siempre que haya humedad disponible suficiente en el periodo de crecimiento. Aunque puede tolerar el rango 16-38° C. Por debajo de los 16° C el crecimiento se detiene. Por este motivo en los climas tropicales-húmedos se alcanzan altas productividades, mientras que, en otras regiones subtropicales, al descender de los 16° C se paraliza el crecimiento.. (EcuRed, 2016, p.216)

- ✓ *Taxonomía de la Yuca*

Tabla 1-2: Taxonomía de la yuca

No.	NOMBRE CIENTÍFICO	MANIHOT ESCULENTA CRANTZ
1	Reino	Plantae
2	División	Magnoliophyta
3	Clase	Magnoliopsida
4	Orden	Euphorbiales
5	Familia	Euphorbiaceae
6	Subfamilia	Crotonoideae
7	Tribu	Manihoteae
8	Género	Manihot
9	Especie	Manihot esculenta

Fuente: (EcuRed, 2016 p.213)

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

- ✓ *Características Fisicoquímica*

Tabla 2-2: Valor nutricional de la yuca

No.	Composición nutritiva media (por 100 g de base seca)	UNIDAD	CANTIDAD
1	Valor energético	Kcal	132,0
2	Humedad	(%)	65,2
3	Proteína	(%)	1,0
4	Grasa	(%)	0,4
5	Carbohidratos totales	(%)	32,8
6	Fibra	(%)	1,0
7	Cenizas	(%)	0,6
8	Calcio	(mg)	40,0
9	Fósforo	(mg)	34,0
10	Hierro	(mg)	1,4
11	Tiamina	(mg)	0,05
14	Ácido ascórbico	(mg)	19,00
15	Porción no comestible	(%)	32,00

Fuente: (InfoAgro, 2016)

Realizado por: Pastuzaca Castro, Melissa. 2020

2.1.1.2 La Oca (*Oxalis tuberosa*)



Figura 1-2: Variedad de Oca

Fuente: (EcuRed, 2016, p.216)

La Oca (*Oxalis tuberosa*) es el nombre quechua de una planta oriunda de los Andes, que es uno de los cultivos más antiguos de dicha región con casi 8,000 años de antigüedad. Se han encontrado restos

de sus tubérculos comestibles en tumbas de la costa, lejos de sus lugares de cultivo originales. En los Altos Andes sólo el cultivo de la papa es más importante que el de la oca. Su agradable sabor y diversos colores brillantes resultan interesantes para impulsar su producción a gran escala con fines de exportación. Con esta planta se prepara un almidón muy fino (EcuRed, 2016, p.216)

La Oxalis tuberosa es una planta herbácea perenne, con tallo erguido en las primeras fases de desarrollo que pasa a postrarse más adelante, a medida que madura. Se cultiva por su crujiente raíz comestible, donde la planta almacena almidón durante el invierno o en los períodos fríos en que no está creciendo. La multiplicación vegetativa de la acederilla se lleva a cabo por medio de esquejes o a través de sus tubérculos. Los tubérculos tienen forma elíptica o cilíndrica y pueden ser de color blanco, amarillo, rojo y púrpura. Su longitud varía entre 5 y 7,5 cm y su diámetro, entre 2,5 y 3,75 cm. Se cultiva a altitudes elevadas, entre los 2 500 y los 4 000 metros sobre el nivel del mar. Crece en una gran variedad de suelos de mala calidad. Es más tolerante a las plagas que la papa. Tiene un bajo contenido de grasa y es una fuente de energía fácil de digerir. Los valores antioxidantes de estos tubérculos son más elevados que los de otras fuentes conocidas de antioxidantes naturales, como los arándanos, o equiparables a estos. (FAO, 2020)

La oca se cosecha igual que la papa, pero los tubérculos tienden a ser más frágiles, es por ello que tienen que ser manipulados con cuidado al momento de proceder al cave para extraerlos.

Los campesinos identifican las siguientes variedades: chaucha, blanca, amarilla, rosada, roja, cañareja y leona. Las ocas blancas y amarillas presentan diferenciaciones entre las chauchas o precoces y las tardías, Las ocas chauchas tienen un ciclo de cultivo hasta de cinco meses y presentan un mayor tamaño que sus pares tardíos. Las ocas chauchas blancas con formas redondeadas se conocen también como “ocas leonas” Entre las ocas amarillas se presenta una clase especial que es la llamada “cañareja” cuyos tubérculos son bastante gruesos y se considera las más rendidora. Las ocas rojas tienen una tonalidad marcada, al contrario de las variedades combinadas que presentan o bien ojos de color blanco en la carne roja, o manchitas de color rosado sobre la carne blanca o amarilla. (UNOCANG, 2018, p. 32)

La siembra de la oca, se hace entre fines de septiembre y a principios de noviembre para aprovechar la humedad de la estación invernal. (UNOCANG, 2018, p. 32)

- ✓ *Morfología de la Oca*
- ✓ Tallo

Sus tallos tienen forma cilíndrica y su color varía entre amarillo, verde, violeta y rojizo. (EcuRed, 2014)

✓ Hojas

La hoja de la oca es muy característica, trifoliada con pecíolos de longitud muy variable (2 a 9 cm) y pubescente. Según León (1968) describe un ecotipo originario de Puno, denominado "Phasi", con hojas moteadas de color púrpura.

✓ Flores

En la oca las flores se disponen en dos cimbras de 4 a 5 flores. El cáliz está formado por 5 sépalos agudos y verdes. La corola tiene 5 pétalos unidos en la base y festoneados en la parte superior, de color amarillo. La flor tiene 10 estambres en dos grupos de cinco, de diferente longitud cada uno. El gineceo está formado por 5 carpelos separados. (FAO, 2006)

Requerimientos Edafoclimáticos

✓ Temperatura

Los tubérculos andinos se cultivan entre los 3000 y 3900 msnm en la región central y sur de los Andes (Perú y Bolivia), estando plenamente adaptados a condiciones frías, como las zonas agroecológicas Suni y Puna húmeda, mientras que en los Andes septentrionales de Ecuador y Colombia se los encuentra a alturas de hasta 1000 msnm, como es el caso del *Tropaeolum* y del *Ullucus*. (FAO, 2006)

✓ *Taxonomía de la Oca*

Tabla 3-2: Taxonomía de la oca

No.	NOMBRE CIENTÍFICO	<i>Oxalis tuberosa</i>
1	REINO	Plantae
2	DIVISIÓN	Magnoliophyta
3	CLASE	Magnoliopsida
4	ORDEN	Geraniales
5	FAMILIA	Oxalidaceae
6	GÉNERO	Oxalis
7	ESPECIE	<i>Oxalis tuberosa</i>

Fuente: (FAO, 2016)

Realizado por: Pastuzaca Castro, Melissa. 2020

✓ *Características Fisicoquímica*

Tabla 4-2: Composición de la oca (por 100 gramos de materia fresca)

No.	ELEMENTO	CONTENIDO	CANTIDAD
	Energía	Kcal	381
	Proteína	%	77,73
	Grasa	g	0,7
	Carbohidratos	%	88,19
	Fibra	g	3,6
	cenizas	%	3,39
	Calcio	mg	22
	Fósforo	mg	36
	Hierro	mg	1,6
	Vitamina C	mg	38,40

Fuente: (Espín, Villacrés y Brito, 2004, p.34)

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

2.1.2 Polímeros

2.1.2.1 Polímero biodegradable

La norma ASTM D6400 define a un polímero biodegradable como un material que es capaz de descomponerse en CO₂, metano, agua, componentes inorgánicos o biomasa, como resultado de la acción de microorganismos. Los polímeros compostables son materiales biodegradables que adicionalmente son capaces de experimentar la biodegradación en un medio de compost y se descomponen a una velocidad cercana a la de los materiales compostables conocidos. (Campuzano, 2018, p.34)

2.1.2.2 Almidón

Es un carbohidrato de reserva de los vegetales, se obtiene comercialmente de los granos de cereales, de las raíces y de los tubérculos. Consiste en un polímero de D-glucosa. Aparte del carbohidrato propiamente dicho se encuentra: humedad, proteínas, lípidos minerales, fibra. (Espinosa, 2015, p.45)

✓ Componentes del almidón

El almidón está constituido por unidades de glucosa dispuestas en dos componentes: amilosa y amilopectina; su proporción varía de un tipo a otro según sea su fuente. Estas macromoléculas se caracterizan por su grado de polimerización o ramificación lo cual afecta su comportamiento frente a

los procesos de degradación. El contenido de amilosa y el grado de polimerización -número total de residuos anhidro glucosa presentes dividido por el número de terminales reducidos- son importantes en la determinación de las propiedades físicas, químicas y funcionales del almidón. Por ejemplo, el tamaño de los gránulos del almidón muestra relación con la proporción amilosa/amilopectina. (Delpeuch y Favier, 1980: pp.53-67)

✓ *Amilosa*

Es el producto de la condensación de D-glucopiranosas por medio de enlaces glucosídicos (1,4), que establece largas cadenas lineales con 200-2500 unidades y pesos moleculares hasta de un millón; es decir, la amilosa es una α -D- (1,4)-glucano cuya unidad repetitiva es la α -maltosa. Tiene la facilidad de adquirir una conformación tridimensional helicoidal, en la que cada vuelta de hélice consta de seis moléculas de glucosa. El interior de la hélice contiene sólo átomos de hidrógeno, y es por tanto lipofílico, mientras que los grupos hidroxilos están situados en el exterior de la hélice. La mayoría de los almidones contienen entre 17 – 25% de amilosa. (León, 2009, p. 32)

✓ *Amilopectina*

Es un polisacárido que se diferencia de la amilosa en que contiene ramificaciones que le dan una forma molecular parecida a la de un árbol: las ramas están unidas al tronco central (semejante a la amilosa) por enlaces α -D-(1,6), localizadas cada 25-30 unidades lineales de glucosa. Su peso molecular es muy alto ya que algunas fracciones llegan a alcanzar hasta 200 millones de daltones. La amilopectina constituye alrededor del 75 a 83% en peso del almidón. (León, 2009, p. 32)

✓ *Propiedades funcionales del almidón*

Las propiedades funcionales de los almidones dependen directamente de la relación amilosa/amilopectina. En los distintos cultivos amiláceos esta relación es constante, si bien cambia de una variedad a otra dentro de la especie y también entre plantas de la misma variedad. Para apreciar el potencial del uso industrial y alimenticio del almidón de yuca es fundamental comprender las propiedades funcionales del almidón. Estas propiedades están influenciadas por factores genéticos (diferencias varietales) y por factores como la edad de la planta, la época de cosecha, la fertilidad del suelo y la precipitación, entre otras cosas. (León, 2009, p. 33)

Las características funcionales de los almidones son: solubilidad, capacidad de retención de agua, poder de hinchamiento, tendencia a retrogradar, propiedades de la pasta (viscosidad, consistencia, estabilidad del gel, claridad y resistencia al corte, formación de película), digestibilidad enzimática y capacidad de emulsificación. (León, 2009, p. 33)

2.1.2.3 *Gelatinización*

En una primera fase el agua se difunde por las zonas amorfas del gránulo de almidón, produciéndose un primer hinchamiento que es reversible. Durante esta etapa de cocción, la amilosa se solubiliza y el almidón sufre una dispersión coloidal constituida por una fase continua o disolvente que se enriquece en amilosa y una fase dispersa de gránulos de almidón hinchados y enriquecidos en amilopectina. En esta etapa, los gránulos conservan sus propiedades ópticas incluyendo la capacidad de refractar la luz polarizada (birrefringencia), la cual está asociada a la alineación de las moléculas dentro del gránulo. Se ha observado que los gránulos de almidón de yuca tienen baja birrefringencia a temperaturas entre 58-64 °C. (Aristizábal y Sánchez, 2007, p. 37)

El almidón de yuca gelatiniza a la misma temperatura del almidón de maíz y del almidón de maíz ceroso, a temperaturas relativamente bajas (62-73 °C); el pico máximo es alcanzado rápidamente, lo que implica que es un almidón fácil de cocinar y requiere menor consumo de energía durante su cocción. Además, tiene una tendencia baja a la retrogradación y produce un gel de mayor claridad y estabilidad en comparación con el de otros almidones nativos. (Whistler, 1984, p.718)

2.1.2.4 *Plastificantes.*

“De acuerdo con la normativa (ASTM D-883), un plastificante es un material, que se incorpora a un plástico para facilitar su proceso y mejorar su flexibilidad o distensibilidad. La adición de un plastificante puede hacer que disminuya la viscosidad en estado fundido, el módulo de elasticidad, y la temperatura de transición vítrea de un plástico. La temperatura de transición vítrea (T_g). Es la temperatura a la cual un polímero cambia de estado rígido a blando, sobre esta temperatura la movilidad molecular se incrementa y la viscosidad disminuye.” (Charro, 2015, p.17)

2.1.2.5 *Glicerina*

Es una sustancia viscosa, incolora, de sabor dulce y de olor característico, compuesta principalmente por alcohol el cual dispone de tres grupos hidroxilos (OH) y cuya fórmula molecular es C₃H₈O₃. Esta sustancia no es tóxica, presenta solubilidad en agua y además se deshace en hervor. De igual manera que el agua destilada el glicerol también es considerado como un plastificador, el cual proporciona suavidad y humectación al almidón. Este compuesto es de gran importancia para la retrogradación de artículos termoplastificados, asimismo su comportamiento como lubricante suministra la movilidad necesaria para las cadenas poliméricas correspondientes al almidón. (Méndez, 2010. p.10)

2.1.2.6 Vinagre

El vinagre es esencialmente una solución diluida de ácido acético hecho por fermentación, a la que se le agregan sales y extractos de otras materias. Estas sustancias adicionales, cuya naturaleza y cantidad exacta dependen sobre todo del ingrediente utilizado, dan al producto su cualidad distintiva.

El vinagre tiene usos que van desde ser un ingrediente versátil de sus comidas como resaltador del sabor o condimento, un ablandador de las carnes, un preservante natural de alimentos, un agente medicinal y un elemento de gran utilidad en la limpieza del hogar y los equipos utilizados en la industria de alimentos. En fin, el vinagre se utiliza en cualquier medio donde se requiera de un acidulante natural. El vinagre es ampliamente utilizado en la industria alimenticia por tener la propiedad de reducir el pH de los alimentos para evitar el crecimiento de bacterias. Su sabor también ayuda a mejorar el de los alimentos que se preservan. (EcuRed, 2020, p.287)

2.1.2.7 Agua destilada

Es el agua resultante de un proceso minucioso de destilación de la cual fue sujeto con la finalidad de suprimir las impurezas. Por medio de la destilación se consigue un agua carente de cloruros, calcio, fluoruros y magnesio. Su fórmula química es H₂O. Este tipo de agua es usada como un plastificador para alcanzar la desintegración estructural del almidón durante la preparación de la mezcla para generar un almidón termoplástico, el cual se emplea con la intención de conseguir propiedades mecánicas, así como también propiedades de barrera óptimas, teniendo en cuenta una vez más que el agua es el plastificador más cuantioso aparte de ser económico. (Quimipedia, 2017)

2.1.2.8 Biodegradación aerobia

En presencia de oxígeno suficiente y otros nutrientes elementales, los organismos degradan los contaminantes orgánicos hasta convertirlos finalmente en dióxido de carbono (CO₂), agua (H₂O) y nueva biomasa celular. En la Bioestimulación es común la inyección del agua junto con los nutrientes y oxígeno disuelto, que favorezca el proceso. En algunas ocasiones y para microorganismos concretos (estreptococos de aguas residuales) se puede añadir peróxido de hidrógeno disuelto, que dará lugar al oxígeno para que éste actúe como aceptor final de electrones. (Posada, 2012, p. 30)

En la revista *Ambienta* (2007) se señala que los nuevos materiales bioplásticos desarrollados por las industrias de productos desechables como las fundas a base almidón son biodegradables, desintegrantes y carecen por completo de ecotoxicidad, debido a que pueden ser incineradas, porque el CO₂ producido por la incineración es equivalente al que anteriormente fue absorbido por las plantas.

2.2 Planteamiento de las hipótesis

2.2.2 *Hipótesis General*

- Las biopelículas obtenidas a partir del almidón de la oca (*Oxalis tuberosa*) y de la yuca (*Manihot esculenta*) pueden utilizarse como envoltura de alimentos.

2.2.3 *Hipótesis Específicas*

- Es viable obtener una cierta cantidad de almidón de la oca (*Oxalis tuberosa*) y de la yuca (*Manihot esculenta*) que sea factible para la elaboración de biopelículas.
- Los almidones obtenidos presentan propiedades factibles dentro de los parámetros establecidos para su posterior uso y alternativa para la envoltura en alimentos.
- Encontrar el método más adecuado para determinar las cantidades recomendables de los reactivos para obtener biopelículas de calidad, así como también establecer variables para las condiciones adecuadas en las que se da el proceso.
- Las biopelículas obtenidas a base del almidón de la Oca y de la Yuca presentan propiedades aceptables tanto cualitativas como cuantitativas para ser verificadas en base a la norma ASTM D882 (Método de prueba estándar para las propiedades de tracción de láminas de plástico fino) y ASTM D1653-93 y la Norma ASTM D1653-93 (Método de prueba estándar para la transmisión de vapor de agua de películas de revestimiento orgánicas).

2.3 Identificación de Variables

Cuadro 1-2: Variables dependientes e independientes

VARIABLES INDEPENDIENTES	VARIABLES DEPENDIENTES
Peso de la materia prima	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • Volumen de agua destilada
Peso de almidón obtenido	
Análisis físico químico del almidón obtenido (rendimiento de almidón)	<ul style="list-style-type: none"> • Densidad aparente • Solubilidad • pH • Contenido de ceniza • Contenido de humedad • Contenido de materia seca • Temperatura de Gelatinización
<ul style="list-style-type: none"> • Obtención de biopelículas • Concentración de almidón • Concentración de glicerina (plastificante) 	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración de agua • Concentración de vinagre • Tiempo de secado • Solubilidad al agua • Contenido de humedad • Biodegradabilidad • Temperatura de secado de bioplástico • Tiempo de secado de bioplástico
Biodegradación	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo • Peso

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

2.4 Operacionalización de Variables

Cuadro 2-2: Operacionalización de variables

CATEGORÍA	CONCEPTO	DIMENSIONES	VARIABLES
Obtener una biopelícula a partir de la oca (Oxalis tuberosa) y de la yuca (Manihot esculenta) para la utilización como envoltura de alimentos	La norma ASTM D6400 define a un polímero biodegradable como un material que es capaz de descomponerse en CO ₂ , metano, agua, componentes inorgánicos o biomasa, como resultado de la acción de microorganismos. Los polímeros compostables son materiales biodegradables que adicionalmente son capaces de experimentar la biodegradación en un medio de compost y se descomponen a una velocidad cercana a la de los materiales compostables conocidos.	Obtener el almidón de la Oca y de la Yuca	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • Tiempo de secado • Volumen de agua destilada
		Determinar el porcentaje de rendimiento de los almidones extraídos de la Oca y de la Yuca.	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad del almidón obtenido
		Realizar la caracterización fisicoquímica y microbiológica del almidón de la Oca y de la Yuca, mediante: <ul style="list-style-type: none"> • Análisis fisicoquímico del almidón de yuca FAO • Norma INEN 1456 (Reactivos para análisis) 	<ul style="list-style-type: none"> • Solubilidad • Densidad aparente • pH • Contenido de humedad. • Contenido de ceniza. • Temperatura de Gelatinización.
		Obtener biopelículas a nivel de laboratorio a partir del almidón de la Oca y de la Yuca.	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de adecuada para los reactivos (plastificante, y almidón) • Temperatura de secado • Tiempo de secado
		<ul style="list-style-type: none"> • Validar la biopelícula obtenida de la Oca y de la Yuca mediante su caracterización en base a la norma ASTM D882 (Método de prueba estándar para las propiedades de tracción de láminas de plástico fino) y la Norma ASTM D1653-93 (Método de prueba estándar para la transmisión de vapor de agua de películas de revestimiento orgánicas). 	<ul style="list-style-type: none"> • Espesor • Propiedades de tracción • Permeabilidad al vapor • Humedad • Solubilidad de agua • Biodegradabilidad

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

2.5 Tipo y Diseño de Investigación

La presente investigación se realizó en base al diseño factorial 2^k para la elaboración de bioplástico, con el fin de determinar la composición adecuada en la preparación de biopelículas a partir del almidón de la Oca y de la Yuca, además de identificar el método adecuado para las concentraciones variables y constantes, las características específicas y condiciones para la obtención de almidón.

2.6 Unidad de Análisis

El objetivo de esta investigación es la obtención de biopelículas a partir del almidón de la Oca y de la Yuca, para lo cual, se optó por el diseño factorial 2^k , en el cual, se obtuvo cuatro tratamientos con diferentes composiciones en las que se varían la del almidón y del plastificante (glicerina) facilitando de esta manera cuatro láminas de plástico biodegradable en cada tratamiento, mediante una evaluación preliminar se seleccionó una biopelícula por tratamiento, para efectuar las pruebas mecánicas de tracción en base a la norma NTE INEN 2635:2012, y la Norma ASTM D1653-93 (Método de prueba estándar para la transmisión de vapor de agua de películas de revestimiento orgánicas) y posteriormente se realizaran pruebas de biodegradabilidad por medio de métodos físicos en base a investigaciones anteriores ya mencionadas.

2.7 Población de Estudio

La población de estudio corresponde a muestreos de la Oca y de la Yuca, se realizó en lugares comunes como: zonas de gran altitud de la ciudad de Riobamba, dentro de ella la materia prima escogida en diferentes mercados de dicha ciudad tales como: (El mayorista, Mercado la merced, Mercado la condamine); se seleccionará la materia prima según su aspecto si presenta daños superficiales, libre de manchas o en estado de descomposición o putrefacción.

2.8 Tamaño de Muestra

Se realizará la extracción del almidón de la Oca y de la Yuca mediante vía húmeda descrita por la FAO, se tomará datos de la muestra inicial para posteriormente determinar el rendimiento de este.

Para comprobar la hipótesis nula o alternativa se realizó el análisis estadístico ANOVA de los rendimientos obtenidos del almidón de la Yuca y Oca, así como también de la propiedades mecánicas del bioplástico.

2.9 Selección de muestra

La selección de muestra de la oca (*Oxalis tuberosa*) y de la yuca (*Manihot esculenta*) se realizará en la región Sierra tomando en cuenta la producción agrícola en los diferentes mercados de la Ciudad de Riobamba: (El mayorista, Mercado la merced, Mercado La Condamine)

2.10 Técnicas de Recolección de Datos

2.10.1 Obtención del almidón

La obtención del almidón se la determinará mediante el diseño factorial 2^k donde 2 = (tiempo y revoluciones por minuto); k = Número de repeticiones; de esta manera se obtiene 24 pruebas con 6 tratamientos.

2.10.1.1 Técnicas de extracción del Almidón de Yuca y Oca

Para la extracción del almidón de la Yuca y Oca se puede observar en la figura 8-2 en el que se detallan los procesos de recepción de la materia prima, lavado para eliminar tierra e impurezas, pelado en caso de la Oca se realizó con cáscara, se cortó en pedazos ambos tubérculos para liberar los gránulos de almidón.

Cuadro 3-2: Técnica de extracción de almidón de yuca y oca

Materiales y Equipos	Reactivo	Descripción del proceso	Método de Ensayo
<ul style="list-style-type: none"> • Licuadora • Cuchillo • Balanza digital y analítica • Espátula • Cronómetro • Recipientes de plástico • Tela filtrante o colador • Papel aluminio • Guantes aislantes • Fundas ziploc • Mortero 	<ul style="list-style-type: none"> • Oca • Yuca • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Recepción de los tubérculos (yuca y Oca): las raíces se deben obtener dentro de las siguientes 24-48 horas para evitar su deterioro fisiológico y/o microbiano. Un factor importante en la producción de almidón de yuca de alta calidad es que todo el proceso desde la cosecha de las raíces hasta el secado del almidón sea ejecutado en el más corto tiempo posible. • Lavado y pelado de los tubérculos: en esta etapa se elimina la tierra y las impurezas adheridas a las raíces. La cascarrilla se desprende por la fricción de unas raíces con otras durante el proceso de lavado. Normalmente, las pérdidas en el lavado son de 2-3 por ciento del peso de las raíces frescas. Se debe evitar pérdida de la cáscara ya que esta también contiene almidón. • Rallado o desintegración: en esta etapa se liberan los gránulos de almidón contenidos en las células de las raíces de la yuca. La eficiencia de esta operación determina, en gran parte, el rendimiento total del almidón en el proceso de Lavado y pelado de las raíces Rallado o desintegración Colado o extracción Sedimentación o deshidratación. • Licuado: esta operación consistió en aumentar la superficie de contacto del tubérculo pelado, por lo que se licua por un determinado tiempo con un volumen de agua determinado la cantidad del tubérculo debe estar previamente pesada obteniendo una pasta homogénea. • Filtración: en esta etapa se separa el almidón de la celulosa usando un equipo filtrante, después de esto se conserva todo el sobrenadante y se desecha los residuos que se generan. (Brito, 2001 pág. 21) • Colado o extracción: en esta etapa se realiza la separación de la pulpa o material fibroso de la lechada de almidón. Se debe evitar que pequeñas partículas de fibra pasen a la lechada de almidón; es por ello por lo que en muchos casos se recomienda realizar un recolado de la lechada con el objeto de retener las fibras finas que pudieron pasar a la lechada. • Sedimentación o deshidratación: se realiza por medio de sedimentación o centrifugación, para separar los gránulos de almidón de su suspensión en agua. y Secado: puede ser realizado dependiendo del nivel tecnológico por secado solar o artificial. En ambos casos, se busca remover la humedad del almidón hasta un 12-13 por ciento. • Secado: para eliminar el agua retenida en el almidón se procedió a secar durante 3-6 horas a temperatura ambiente. (Brito, 2006 pág. 16) • Molido: tras el secado las partículas de almidón se aglutinan por lo que es necesario realizar un proceso de molienda para separar dichas partículas hasta que cumpla con las características granulométricas deseadas que en este caso con una luz de malla de 38 micrones o un molino. (Brito, 2020) • Pesado: una vez que se obtuvo el almidón seco se procedió a pesar para obtener el rendimiento obtenido de la yuca y oca. (Brito, 2020) • Envasado: el llenado que se realiza es de tipo manual a temperatura ambiente, logrando que el envase alcance la totalidad de llenado, se utiliza fundas ziploc los que no permitirán el ingreso de humedad en el empaque por su cierre hermético. (Brito, 2020) 	<p>(Aristizábal y Sánchez, 2007, pp.49-50)</p> <p>(Brito, 2020)</p>

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

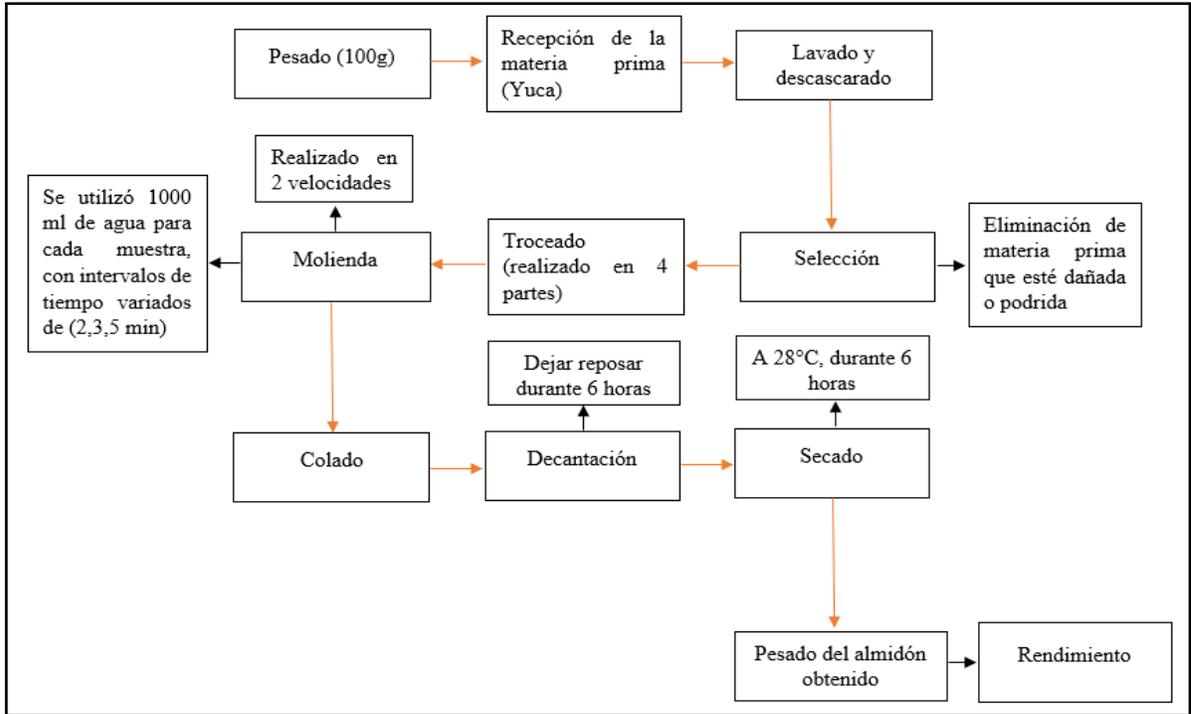


Figura 3-2: Diagrama de flujo para la obtención de almidón de yuca
 Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

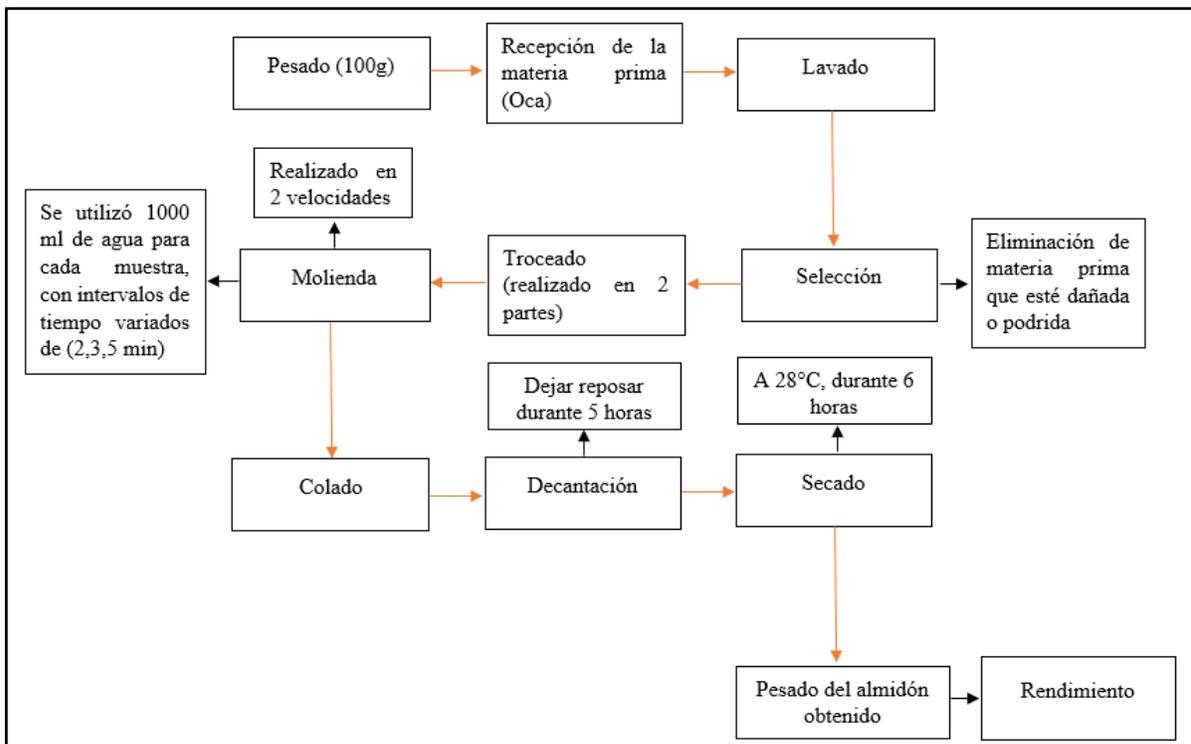


Figura 4-2: Diagrama de flujo para la obtención de almidón de la Oca
 Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

2.10.1.2 Técnica para realizar la caracterización físico químico de los almidones

Tabla 5-2: Técnicas de ensayos físico químico para los almidones de yuca y oca

No.	ENSAYO	Materiales y equipos	Procedimiento	Fórmula de cálculo	Valor de referencia	Método de ensayo
1	DENSIDAD APARENTE	<ul style="list-style-type: none"> Balanza analítica con una precisión de 0,01 g Probeta graduada de 25 mL Embudo Espátula Equipo de vibración de base de madera 	<p><i>Densidad aparente del almidón suelto</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Pesar la probeta graduada vacía. Adicionar cuidadosamente con una espátula la muestra de almidón a la probeta de 25 mL por medio de un embudo hasta que el volumen total sea libremente completado. <p><i>Densidad aparente del almidón empacado</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Sostener la probeta con la muestra de almidón en un vibrador y adicionar almidón hasta que el volumen ocupado sea el valor mínimo Realizar la vibración durante cinco minutos a una frecuencia y amplitud de manera tal que la probeta vibre rítmicamente con la base de madera Medir el volumen de muestra empacada. 	<p>Para encontrar la densidad aparente se realizaron mediante 3 réplicas, con la siguiente fórmula :</p> $\text{Densidad aparente del almidón suelto } \left(\frac{\text{g}}{\text{mL}} \right) = \frac{[(\text{peso probeta} + \text{almidón suelto}) (\text{g})] - \text{peso probeta vacía} (\text{g})}{\text{volumen de la probeta}}$ <p>Ecuación 1-1: Densidad aparente con almidón suelto</p> $\text{Densidad aparente del almidón empacado } \left(\frac{\text{g}}{\text{mL}} \right) = \frac{[(\text{peso probeta} + \text{almidón empacado}) (\text{g})] - \text{peso probeta vacía} (\text{g})}{\text{volumen de la probeta}}$ <p>Ecuación 2-2: Densidad aparente con almidón empacado</p>	El almidón debe tener una densidad promedio de 1,560 g/mL.	Técnica usada (Smith, 1967) Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca (FAO,2007)
2	SOLUBILIDAD	<ul style="list-style-type: none"> Balanza analítica Vaso de precipitación de 25 y 200 mL. Agitador de vidrio. 	<ul style="list-style-type: none"> En un vaso de precipitación de 25 mL pesar 2g de muestra, añadir 5 mL de agua fría y agitar. Transferir totalmente la suspensión sobre 100 mL de agua hirviendo contenida en un vaso de precipitación de 	Medición Cualitativa	Considerar que la muestra en examen cumple con el requisito cuando se observa sólo ligera opalescencia que	NTE INEN 1456:1986 REACTIVOS PARA ANÁLISIS. ALMIDÓN SOLUBLE (PARA

		<ul style="list-style-type: none"> • Calentador de placa. • Probeta graduada de 100 mL 	<p>200 mL, continuar la ebullición por aproximadamente 2 min.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guardar la solución para determinación de pH. 		se mantiene sin intensificar después de enfriamiento de la solución.	IODOMETRÍA). METODOS DE ENSAYO
3	PH	<ul style="list-style-type: none"> • Medidor de pH. • Electrodo de vidrio y de calomel • Agitador de vidrio <p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Solución tampón 0,05 molar de fosfato pH 7,0 	<ul style="list-style-type: none"> • Mezclar 5g de almidón en base seca con 25mL de agua destilada (previamente hervida para eliminar el CO2) durante 15 minutos. • Normalizar el medidor de pH a 25°C sumergiendo los electrodos en solución tampón pH 7,0 y ajustar el control a esta temperatura. • Con el control de asimetría ajustar el instrumento al valor de pH correcto de la solución tampón. • Con el control correspondiente retornar el equipo a su posición de reposo. • Lavar los electrodos con agua destilada y secar con papel suave absorbente. • Sumergir los electrodos en la solución que debe estar a 25°C. • Accionar el control de lectura y leer el pH. 	Medición Directa	Considerar que la muestra cumple con el requisito si el pH obtenido se encuentra entre 5,0 y 7,0.	NTE INEN 1456:1986 REACTIVOS PARA ANÁLISIS. ALMIDÓN SOLUBLE (PARA IODOMETRÍA). METODOS DE ENSAYO
	CONTENIDO DE CENIZAS	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica con una precisión de 0,01g • Crisoles de porcelana • Desecador • Mufla 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar aproximadamente 5,0 g aproximadamente de almidón en un crisol de porcelana que ha sido previamente lavado, secado en un horno y pesado. • Colocar el crisol de porcelana con la muestra en la mufla e incinerar a 550 °C durante tres horas y media. 	<p>Para encontrar el contenido de ceniza se realizaron mediante 3 réplicas</p> $\text{cenizas (\%)} = \frac{\text{Peso de las cenizas} - (\text{Peso crisol} - \text{peso crisol vacío})}{\text{Peso de muestra}} * 100$ <p>Ecuación 3-2: Contenido de cenizas</p>	En general, el contenido de cenizas en el almidón no debe exceder de 0,12 por ciento.	Técnica usada (AOAC, 2000) Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca (FAO,2007)

			<ul style="list-style-type: none"> • Enfriar el crisol y las cenizas en un desecador hasta tener peso constante. • Pesar el crisol con las cenizas y calcular la cantidad de cenizas. • Expresar los resultados como porcentaje de cenizas totales. 			
4	CONTENIDO DE HUMEDAD Y MATERIA SECA	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica con una precisión de 0,01 g • Crisoles plásticos o de vidrio • Horno con temperatura constante y ventilación forzada • Desecador con un agente de secado 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar los crisoles vacíos, limpios y enfriarlos en un desecador, después de secar durante cinco horas en un horno a 80 °C (P1). • Pesar en el crisol vacío entre 5 g de la muestra de almidón (P2). • Colocar el crisol con la muestra de almidón en un horno a 80 °C durante 24 horas. • Enfriar los crisoles con el almidón seco en un desecador hasta obtener peso constante (30-45 minutos) (P3). • Pesar los crisoles con la muestra de almidón seca. 	<p>Para encontrar la densidad aparente se realizaron mediante 3 réplicas:</p> $\%humedad = \frac{(P3 - P1) * 100}{(P1 - P2)}$ $\%materia\ seca = 100 - (\%humedad)$ <p>Ecuación 4-2: Contenido de materia seca</p> <p>Donde: P1: Pesar los crisoles vacíos, limpios y enfriarlos en un desecador, después de secar durante cinco horas en un horno P2: Pesar en el crisol vacío entre 5 g de la muestra de almidón P3: Enfriar los crisoles con el almidón seco en un desecador hasta obtener peso constante (30-45 minutos)</p>	<p>El contenido de humedad de los almidones de estar entre el 12%</p> <p>El contenido de materia seca de los almidones debe estar entre 87-90 por ciento.</p>	<p>Técnica usada (ICONTEC, 2002)</p> <p>Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca (FAO,2007)</p>
5	TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica con una precisión de 0,01 g • Plancha de calentamiento • Vasos de precipitado de vidrio de 100 y 250 mL • Frascos volumétricos de 100 mL 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar 10 g de almidón disolver en agua destilada y completar a 100 mL. • Calentar agua en un vaso de precipitado de 250 mL a 85 °C. • Tomar 50 mL de la suspensión en un vaso de precipitado de 100 mL. • Introducir el vaso de precipitado con la muestra en el agua a 85 °C. 	<p>Para encontrar la temperatura de gelatinización se realizaron mediante 3 réplicas y un promedio.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cálculo directo 	<p>El valor de la temperatura de gelatinización en almidones de yuca varía entre 57, 5- 70 °C.</p>	<p>Técnica usada (Grace, 1977)</p> <p>Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca (FAO,2007)</p>

		<ul style="list-style-type: none"> • Pinzas de acero inoxidable • Termómetro con escala de 0-100 °C 	<ul style="list-style-type: none"> • Agitar con el termómetro constantemente la suspensión de almidón hasta que se forma una pasta y la temperatura permanezca estable por unos segundos. • Leer la temperatura de gelatinización. 			
6	DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DEL GRÁNULO	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza • Equipo Ro-tap con tapa y fondo 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar cada tamiz y el fondo, vacíos y limpios. • Pesar 50g de la muestra de almidón y transferir al tamiz de la parte superior del grupo de tamices. • Agitar el grupo de tamices hasta que la cantidad de almidón que pasa a través de la parte superior del grupo de tamices sea insignificante (aproximadamente 10 minutos). • Remover el tamiz de la parte superior y agitar hasta que la cantidad de almidón a través del siguiente tamiz sea insignificante. • Continuar de igual forma con los otros tamices hasta que todos sean removidos. • Pesar cada uno de los tamices y el fondo con sus respectivas fracciones de almidón. 	<ul style="list-style-type: none"> • $\text{Peso neto individual} = (\text{peso tamiz} + \text{fracción de almidón}) - (\text{peso de cada tamiz vacío})$ <p>Ecuación 5-2: Porcentaje del tamaño de gránulo</p> <ul style="list-style-type: none"> • $\text{Gran total} = \sum \text{pesos netos individuales}$ <p>Registrar cada fracción de almidón como porcentaje del gran total, caracterizado por el ancho de la malla en micrómetros.</p>	El 99 por ciento de los gránulos de almidón deben pasar a través de un tamiz de malla 100 o el 95 por ciento pasar a través de un tamiz de malla 140 (106 μm).	Técnica usada (ISI, 1999) Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca (FAO,2007)

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

2.11 Técnica de obtención del bioplástico

2.11.1 Diseño factorial 2^k

La concentración de almidón de la Oca y Yuca se determinó, mediante el análisis factorial 2^k , donde $2 =$ (Concentración almidón y plastificante); $k =$ Número de repeticiones; dándonos así $2^k = (2*2)^*4 = 16$ pruebas con 4 tratamientos que se muestran en la tabla 10-2. También se tomará en cuenta aspectos cualitativos, por ejemplo: formación de la biopelícula, la uniformidad de la biopelícula una vez esparcida en las cajas petri, la transparencia luego del proceso de secado y la estabilidad de esta.

CA (%)			
11,2			Límite alto
8,2			Límite bajo
CP (%)	5,2	9,5	
	Límite bajo	Límite alto	

Figura 5-2: Diseño factorial 2^k para la elaboración de bioplástico de Oca y Yuca
Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

Se realizó una tabla de resultados obtenido del diseño factorial 2^k para las concentraciones de almidón y plastificante (glicerina) que se aplicará para la obtención del bioplástico, esto lo observamos en la tabla 6-2.

Tabla 6-2: Tabla de datos obtenido del diseño factorial 2^k para la obtención de bioplástico

No.	TRATAMIENTOS	VARIABLES	REPETICIONES
1	TP1 (TP1O) * tratamiento 1 de la Oca (TP1Y) * tratamiento 1 de la yuca	CA1: CP1	R1
2			R2
3			R3
4			R4
5	TP2 (TP2O) * tratamiento 2 de la Oca (TP2Y) * tratamiento 2 de la yuca	CA1: CP2	R1
6			R2
7			R3
8			R4
9	TP3	CA2: CP1	R1

10	(TP3O) * tratamiento 3 de la Oca (TP3Y) * tratamiento 3 de la yuca		R2
11			R3
12			R4
13	TP4 TP4O) * tratamiento 4 de la Oca (TP4Y) * tratamiento 4 de la yuca	CA2: CP2	R1
14			R2
15			R3
16			R4

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

En la tabla 7-2 se describe las variables y las constantes obtenidas mediante el diseño factorial 2k para la elaboración de las biopelículas.

Tabla 7-2: Concentraciones de variables y constantes para la elaboración de bioplástico

VARIABLES %(P/P)		CONSTANTES % (P/P)			
Almidón	Glicerina	Vinagre	Agua	Tiempo (h)	Temperatura (°C)
8,2%	5,2%	4,3%	82,3%	24	50
11,2%	9,5%	4,0%	75,3%	24	50

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

2.11.2 Obtención de bioplástico de Yuca y Oca

Tabla 8-2: Proceso para la elaboración de los bioplásticos

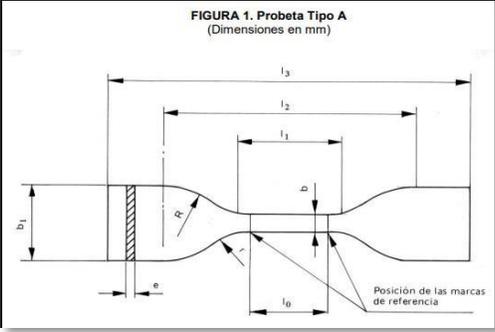
No	OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO
	<p>Materiales y Equipos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica con una precisión de 0,01 g • Probeta graduada de 5mL, 10mL, 100mL • Espátula • Agitador-Calentador • Estufa • Vasos de precipitación de 250 mL • Varilla de agitación • Cajas petri o Moldes de vidrio
	<p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada • Glicerina • Vinagre • Almidón de Oca- Almidón de yuca
	<p>Procedimiento Tratamiento 1</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pesar 10g de almidón en un vaso de precipitación de 250 mL. • Adicionar 100 mL de agua destilada. Seguido de esto adicionar la plastificante (glicerina 5mL). Adicionar 5mL de vinagre y mezclar la muestra y agitar durante 3 minutos. • Colocar la muestra en el agitador-calentador, la agitación debe de ser de 500-1000 rpm hasta temperatura de gelatinización del almidón. Una vez llegada a la temperatura de gelatinización verter la muestra en los moldes o cajas petri. • Llevar la muestra a la estufa a una temperatura de 50 °C durante 24 horas, retirado el bioplástico de la estufa dejar reposar 24 horas al ambiente. • Retirar los bioplásticos de los moldes y colocar en papel aluminio o papel secante.

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

2.11.3 Técnica para la caracterización de las biopelículas

Tabla 9-2: Ensayos para la caracterización de las biopelículas

No.	Ensayo	Procedimiento	Forma de cálculo	Método de ensayo
1	HUMEDAD	<ul style="list-style-type: none"> La humedad se determinó gravimétricamente pesando las películas secadas al ambiente y posteriormente colocándolas en la estufa con circulación de aire a 105 °C durante 24h. Se realizaron tres ensayos por cada muestra. 	$\% \text{Humedad} = \frac{\text{peso inicial de la película} - \text{peso final de la película}}{\text{peso final de la película}} * 100$ <p>Ecuación 6-2: Porcentaje de humedad del bioplástico</p>	Este ensayo fue basado en la revista del Laboratorio Tecnológico de Uruguay del tema PELICULAS BIODEGRADABLES Y COMESTIBLES DESARROLLADAS EN BASE A AISLADO DE PROTEÍNAS DE SUERO LÁCTEO: ESTUDIO DE DOS MÉTODOS DE ELABORACIÓN Y DEL USO DE SORBATO DE POTASIO COMO CONSERVADOR
	SOLUBILIDAD EN EL AGUA	<ul style="list-style-type: none"> Las películas secas se colocaron en 80 ml de agua desionizada con una agitación de 100 rpm durante una hora Posteriormente se filtró y se colocó en la estufa a 40 °C hasta que esté seca. Luego a 105 °C hasta que tenga un peso constante. Se realizaron ensayos por duplicado de cada tipo de película. 	$\% \text{Solubilidad} = \frac{\text{peso inicial seco} - \text{peso final seco}}{\text{peso inicial seco}} * 100$ <p>Ecuación 7-2: Porcentaje de solubilidad en el agua del bioplástico</p>	Este ensayo fue basado en la revista del Laboratorio Tecnológico de Uruguay del tema PELICULAS BIODEGRADABLES Y COMESTIBLES DESARROLLADAS EN BASE A AISLADO DE PROTEÍNAS DE SUERO LÁCTEO: ESTUDIO DE DOS MÉTODOS DE ELABORACIÓN Y DEL USO DE SORBATO DE POTASIO COMO CONSERVADOR.
	TRANSMISIÓN DE VAPOR DE AGUA	<ul style="list-style-type: none"> Se empleó el método desecante, el cual utiliza sílica gel previamente activada a 200°C por 24 horas. Posterior a ello, se llenaron los tubos de ensayo de 10cm de altura y 16mm de diámetro, dejando este espacio libre para mezclar delicadamente la sílica gel durante cada pesado. Las películas se cortaron en cuadrados de 2.5 cm² para cada muestra, luego se colocaron en la boca del tubo de ensayo sellándolos herméticamente y un pedazo de cinta scotch. Colocar o guardar en una gradilla. Una vez sellados los tubos, fueron pesados y luego colocados en un desecador 	<p>Ecuación 8-2: Ecuación de la tasa de transmisión de vapor expresada en (g/h*m²).</p> $WVTR = \frac{Q}{A \cdot t}$ <p>donde: Q = peso ganado del desecante en gramos WVTR = tasa de transmisión de vapor de agua t = tiempo de la prueba en horas A = Área total del bioplástico</p> <p>Ecuación 9-2: Transmisión de vapor de agua</p> $WVP = \frac{WVTR * e}{\Delta p}$ $\Delta p = s'(HR_2 - HR_1)$ <p>donde: WVP = es la permeabilidad al vapor de agua en (g*h⁻¹*m⁻¹*MPa⁻¹). WVTR = es la pendiente de la curva (g/h) sobre el área expuesta de la lámina (g/h*m). s' = es la presión de vapor de agua a la temperatura del ensayo (MPa) T= 20°C.</p>	ASTM D1653-93: Métodos de prueba estándar para la transmisión de vapor de agua de una película de recubrimiento orgánico.

		<p>equilibrado con un ambiente de una HR 60 - 65% que se obtuvo colocando una solución saturada de Cloruro de sodio (NaCl) y una temperatura de 26 - 29°C. Se esperó 1 hora hasta que las muestras lleguen al equilibrio. Las muestras fueron pesadas el primer día cada hora, durante 6 horas consecutivas.</p>	<p>HR2 = es la humedad relativa de la cámara con solución de cloruro de sodio saturada (HR2 = 75%). HR1 = es la humedad relativa en el interior de la celda (HR1= 0%). e= espesor (m)</p>	
<p>ENSAYO DE TRACCIÓN</p>			<p>Para este ensayo se ocupó una probeta tipo A</p>  <p>Figura 6-2: Probeta tipo A Fuente: INEN 2043:2013</p> <p>Donde: l3 = Longitud total mínima 115 b1 = Anchura en los extremos 25 ± 1 l1 = Longitud de la parte calibrada 33 ± 2 b = Anchura de la parte calibrada 6 ± 0,4 r = Radio menor 14 ± 1 R = Radio mayor 25 ± 2 lo = Longitud de referencia 25±0,25 l2 = Distancia inicial entre mordazas 80 ± 5</p>	<p>INEN 2635:2012 Método de Ensayo para las propiedades de tracción de láminas plásticas delgadas. <i>Esta norma INEN es la versión oficial en español para el Ecuador de la norma ASTM D882-10</i> El ensayo consiste en deformar la probeta a lo largo de su eje mayor, a velocidad constante aplicando una fuerza determinada hasta que la probeta se rompa o hasta que la carga o el alargamiento alcance un valor previamente elegido. (INEN,2013. p.3)</p>
<p>BIODEGRADABILIDAD</p>	<p>La biodegradabilidad se evaluó por el método gravimétrico, se consideró un tiempo de exposición de 10 días, y se evaluó la pérdida de peso cada dos días en condiciones aeróbicas. Se tomaron varias muestras de dimensiones 2,5 cm x 2,5 cm. A estas películas se las evaluó en condiciones aeróbicas (2 cm de profundidad)</p>	$\% \text{ Pérdida de peso} = \frac{\text{peso inicial seco} - \text{peso final seco}}{\text{peso inicial seco}} * 100$ <p>Ecuación 10-2: Porcentaje de biodegradabilidad</p>		<p>Este ensayo se realizó en función de un trabajo de investigación realizado en conjunto de la Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda y la Universidad Simón Bolívar, en Venezuela. titulado “DEGRADACIÓN DE PELÍCULAS PLASTIFICADAS DE QUITOSANO OBTENIDAS A PARTIR DE CONCHAS DE CAMARÓN”</p>

CAPITULO III

3 MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.10 Datos obtenidos de los ensayos físicos- químicos de la Oca y Yuca

Tabla 1-3: Análisis cualitativos de la oca y yuca

No.	Oca			Yuca		
	Peso (g)	Longitud (cm)	Espesor (cm)	Peso (g)	Longitud (cm)	Espesor (cm)
1	100	6,6	5,2	100	60,8	6,4
2	100	5,7	4,5	100	65,5	6,6
3	100	5,5	4,8	100	67,4	6,8
4	100	6,8	5,4	100	67,5	7,2

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

3.1.1 Rendimientos obtenidos del almidón

Tabla 2-3: Variables para la obtención de almidón de yuca y oca

VARIABLES			
RPM (revoluciones por minuto)	RPM 1	RPM 2	
TIEMPO (min)	2	3	5

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

Tabla 3-3: Resultados del rendimiento obtenido de la oca

No.	TRATAMIENTOS	VARIABLES	REPETICIONES	VOLUMEN AGUA (mL)	PESO (g)		TIEMPO DE REPOSO (h)	TEMPERATURA DE SECADO(°C)	TIEMPO SECADO (h)	RENDIMIENTO (%)	PROMEDIOS (%)
					PRODUCTO	ALMIDÓN					
1	TP1O	RPM 1: t1	R1	1000	100	10,2911	5	29	6	10,3	
2			R2			10,1305				10,1	10,4
3			R3			10,471				10,5	
4			R4			10,7304				10,7	
5	TP2O	RPM 1: t2	R1			13,6511				13,7	
6			R2			13,8357				13,8	12,7
7			R3			12,8073				12,8	
8			R4			10,5969				10,6	
9	TP3O	RPM 1: t3	R1			13,0507				13,1	
10			R2			12,9				12,9	12,7
11			R3			12,3113				12,3	
12			R4			12,4309				12,4	
13	TP4O	RPM 2: t1	R1			10,1706				10,2	
14			R2			11,9555				12	11,1
15			R3			10,0982				10,1	
16			R4			12,0013				12	
17	TP5O	RPM 2: t2	R1			14,4721				14,5	
18			R2			13,3114				13,3	13,3
19			R3			12,5803				12,6	
20			R4			12,9769				13	
21	TP6O	RPM 2: t3	R1			12,3931				12,4	
22			R2			14,2947				14,3	12,7
23			R3			11,7751				11,8	
24			R4			12,315				12,3	

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

Tabla 4-3: Resultados del rendimiento obtenido de la yuca

No.	TRATAMIENTOS	VARIABLES	REPETICIONES	VOLUMEN AGUA (mL)	PESO (g)		TIEMPO DE REPOSO (h)	TEMPERATURA DE SECADO(°C)	TIEMPO SECADO (h)	RENDIMIENTO (%)	PROMEDIOS (%)
					PRODUCTO	ALMIDÓN					
1	TP1Y	RPM 1: t1	R1	1000	90	19,2	6	29	6	21,3	
2			R2		100	18,1				18,1	19,1
3			R3		120	19,4				16,2	
4			R4		95	19,7				20,7	
5	TP2Y	RPM 1: t2	R1		98	21,6				22	
6			R2		100	22,8				22,8	20,9
7			R3		99	21,8				22	
8			R4		110	18,5				16,8	
9	TP3Y	RPM 1: t3	R1		115	23				20	
10			R2		95	21,9				23,1	21,4
11			R3		100	21,3				21,3	
12			R4		100	21,4				21,4	
13	TP4Y	RPM 2: t1	R1		95	18,1				19,1	
14			R2		100	19,9				19,9	20
15			R3		95	18				18,9	
16			R4		95	21				22,1	
17	TP5Y	RPM 2: t2	R1		100	23,4				23,4	
18			R2		110	22,3				20,3	21,8
19			R3		100	21,5				21,5	
20			R4		99	21,9				22,1	
21	TP6Y	RPM 2: t3	R1		100	21,3				21,3	
22			R2		99	24,2				24,4	21,7
23			R3		105	20,7				19,7	
24			R4		100	21,3				21,3	

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

Tabla 5-3: Análisis de varianza del rendimiento obtenido de la oca

ANÁLISIS DE VARIANZA							
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>	
Muestra	1,09966047	1	1,09966047	1,218443	0,284205007	4,413873419	
Columnas	24,5672528	2	12,2836264	13,6104725	0,000250839	3,554557146	
Interacción	0,498062261	2	0,24903113	0,27593084	0,762017714	3,554557146	
Dentro del grupo	16,24523136	18	0,902512853				
Total	42,4102069	23					

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

Existe diferencia significativa en la obtención del almidón de oca entre las velocidades

Tabla 6-3: Análisis de varianza del rendimiento obtenido de la yuca

ANÁLISIS DE VARIANZA							
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>	
Muestra	1,000416667	1	1,000416667	0,610993299	0,44457475	4,413873419	
Columnas	37,03083333	2	18,51541667	11,30808381	0,00065942	3,554557146	
Interacción	1,465833333	2	0,732916667	0,447620663	0,646071463	3,554557146	
Dentro del grupo	29,4725	18	1,637361111				
Total	68,96958333	23					

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

No existe diferencia significativa en la obtención del almidón de yuca entre las velocidades

3.1.2 Ensayos físicos químico para el almidón de Yuca y Oca

3.1.2.1 Densidad aparente

Tabla 7-3: Resultados de la densidad aparente

Densidad aparente	ρ suelta de almidón (g/ml)		ρ empacada de almidón (g/ml)	
YUCA				
1	2,42	Incertidumbre U K=2	2,71	Incertidumbre U K=2
2	2,43		2,76	
3	2,42		2,72	
Promedio	2,42	$\pm 0,33$	2,73	$\pm 0,37$
OCA				
1	2,41	Incertidumbre U K=2	2,68	Incertidumbre U K=2
2	2,01		2,76	
3	2,03		2,78	
Promedio	2,15	$\pm 0,29$	2,74	$\pm 0,37$

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

*Incertidumbres, realizo por: Álvarez, Mauricio 2020

3.1.2.2 Solubilidad

Tabla 8-3: Resultados de solubilidad

No.		pH	Presencia de opalescencia
1	Yuca	8,89	
2		8,87	
		Promedio	8,88
1	Oca	8,96	
2		8,97	
		Promedio	8,965

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

3.1.2.3 pH

Tabla 9-3: Resultados de pH

No.	pH	Yuca	Oca
1		5,82	6,09
2		5,95	6,48
3		5,77	6,48
	Promedio	5,85	6,35

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

3.1.2.4 Contenido de ceniza

Tabla 10-3: Resultados del contenido de ceniza

Contenido de ceniza		
YUCA	(%)	Incertidumbre U K=2
1	0,119	
2	0,099	
3	0,119	
Promedio	0,112	± 0,017
OCA		Incertidumbre U K=2
1	0,079	
2	0,079	
3	0,099	
Promedio	0,086	± 0,013

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

*Incertidumbres, realizo por: Álvarez, Mauricio 2020

3.1.2.5 Contenido de humedad y materia seca

Tabla 11-3: Resultados de humedad y materia seca

	Contenido de humedad (%)	Contenido de materia seca (%)	
YUCA			
1	11,97	88,03	Incertidumbre U K=2 (Contenido de materia seca %)
2	10,19	89,8	
3	11,54	88,45	
promedio	11,23	88,76	± 3,55
OCA			
1	12,25	87,74	Incertidumbre U K=2 (Contenido de materia seca %)
2	10,98	89,01	
3	12	87,99	
Promedio	11,74	88,25	± 3,53

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

*Incertidumbres, realizo por: Álvarez, Mauricio 2020

3.1.2.6 Resultados de temperatura de gelatinización

Tabla 12-3: Resultados de la temperatura de gelatinización

No.	Temperatura Gelatinización Yuca (°C)	Temperatura Gelatinización Oca (°C)
1	65,7	63,6
2	66,5	63,5
3	66,6	64,9
Promedio	66,2	64

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

3.1.2.7 Tamaño de gránulo

Tabla 13-3: Resultados del tamaño de gránulo

YUCA		OCA	
um	(%)	um	(%)
>355	14	>355	2
355-350	2	355-350	12
350-150	10	350-150	26
<150	74	<150	60
total	100	total	100

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

Según ISI (1999, p. 32) el 99 por ciento de los gránulos de almidón deben pasar a través de un tamiz de malla 100 o el 95 por ciento pasar a través de un tamiz de malla 140 (106 μm), sin embargo, no cumple con el tamaño de gránulo el almidón de yuca como el de Oca para esto se debe realizar una molienda posterior al secado.

3.1.2.8 Contenido de amilosa y amilopectina en el almidón de Yuca y Oca

Del contenido amilosa se obtuvo el contenido de amilopectina a partir de la diferencia (100%), lo que permitió la obtención de la relación amilosa/amilopectina.

Tabla 14-3: Resultados de la amilosa y amilopectina

No.	Prueba	Almidón de Yuca	Almidón de Oca	Institución
1	Amilosa	36,66 %	33,09%	INIAP
2	Amilopectina	63,34%	66,91%	INIAP

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

En la tabla 15-3 se presenta según la FAO (2007, p.113) y la norma INEN 1456:1986 el rango estándar que debe presentar los ensayos fisicoquímico de la yuca, los mismos que serán tomados como referencia para la Oca y se los puede observar en la tabla 16-3.

Tabla 15-3: Requisitos fisicoquímicos de la yuca

No.	ENSAYOS FISICOS QUIMICOS DEL ALMIDÓN					
	Análisis fisicoquímico	Unidad	Rango estándar	Resultado obtenido YUCA	Resultado obtenido OCA	Ensayo
1	Humedad (%)	%	10-13	11,23	11,74	(ICONTEC, 2002)
2	Cenizas (%)	%	<0,12	0,112	0,086	(AOAC, 2000)
3	Solubilidad		Presencia de opalescencia	SI	SI	NTE INEN 1456:1986
4	Temperatura de gelatinización (°C)	°C	58,5-70,0	66,2	64	(Grace, 1977, p.116)
5	Densidad aparente (g/mL)	g/ml	1,56	2,425	2,151	(Smith, 1967, p.593)
6	Tamaño	%	99	74	60	(ISI, 1999)
7	pH		5,0 y 7,0.	5,85	6,35	NTE INEN 1456:1986
8	Hongos y levaduras	UFC/g	1 000- 5 000	3000	4000	(ICONTEC, 1997)

Fuente: (FAO, 2007; INEN,2013)

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

3.2 Resultados obtenidos del bioplástico

Tabla 16-3: Resumen de las cantidades usados para la elaboración del bioplástico de yuca y oca

Variables		Constantes			
Almidón (g)	Glicerina (ml)	ácido acético (ml)	Agua (ml)	tiempo (h)	Temperatura (°C)
10	5	5	100	24	50
15	10	5	100	24	50

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

3.2.1 Análisis sensorial del bioplástico

3.2.1.1 Ensayos preliminares con las variables establecidas del bioplástico

En la tabla 18-3 se muestran los ensayos preliminares realizados para los 4 tratamientos a la concentración de almidón y plastificante (glicerina) establecidos para la elaboración de las biopelículas, mediante el vertido en cajas petri o también conocido como la técnica de casting, para posteriormente colocar la muestra en los moldes de 21x30 cm.

Tabla 17-3: Ensayos preliminares para la formación de bioplástico de yuca

Tratamientos	(%) almidón	(%) Glicerina	Forma Biopelícula	Facilidad de moldeo	Transparencia	Observaciones
T1	8.2	5.2	SI	SI	SI	
T2	8.2	5.2	SI	SI	SI	La biopelícula presenta al tacto pegajosa
T3	11.2	9.5	SI	SI	SI	
T4	11.2	9.5	SI	SI	SI	

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

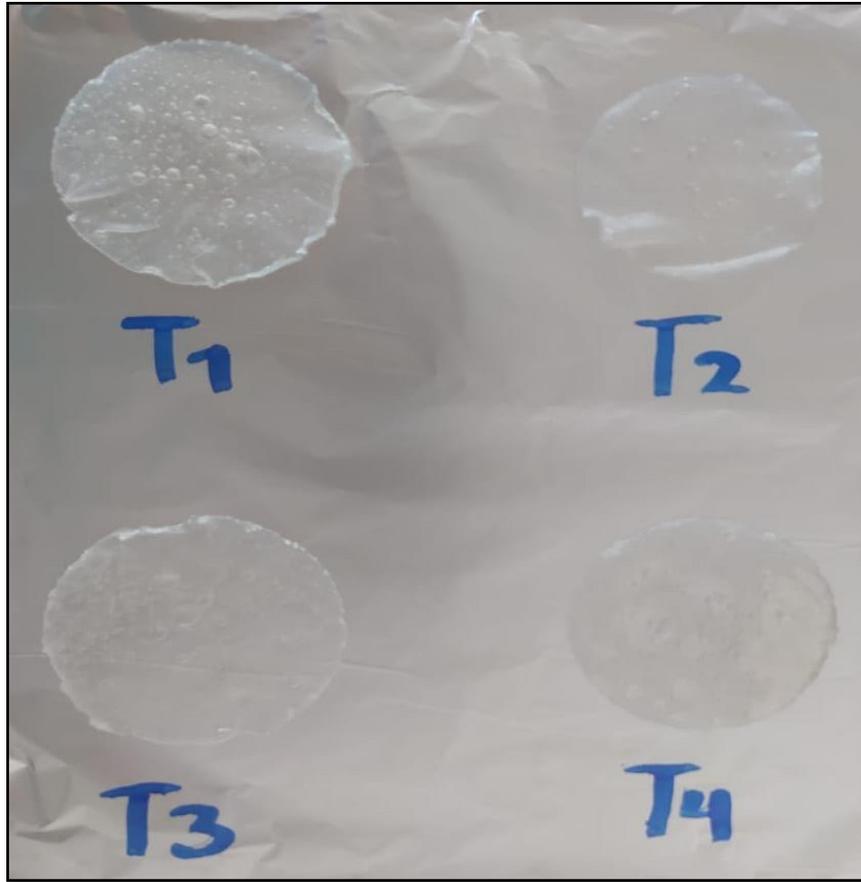


Figura 1-3: Biopelículas obtenidas de los ensayos preliminares de la yuca
 Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

Tabla 18-3: Ensayos preliminares para la formación de bioplástico de oca

Tratamientos	(%) almidón	(%) Glicerina	Forma Biopelícula	Facilidad de moldeo	Transparencia	Observaciones
T1	8.2	5.2	SI	SI	SI	
T2	8.2	5.2	SI	SI	SI	La biopelícula presenta al tacto pegajosa
T3	11.2	9.5	SI	NORMAL	SI	Tiende a doblarse
T4	11.2	9.5	SI	NO	SI	

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

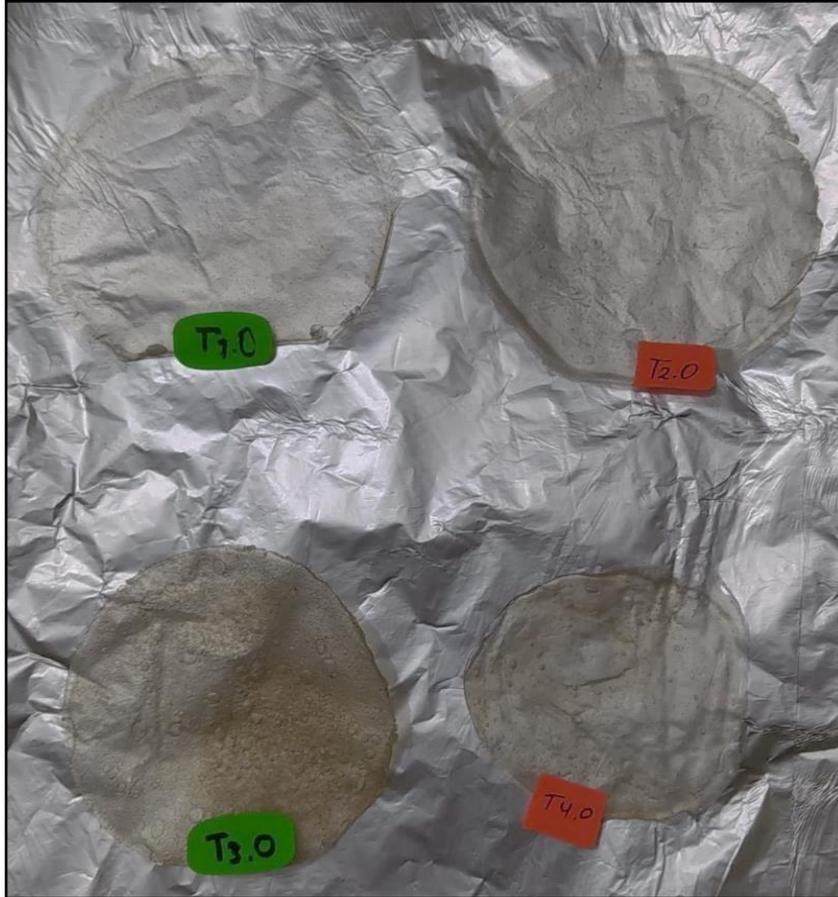


Figura 2-3: Biopelículas obtenidas de los ensayos preliminares de la oca
Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

Todas las concentraciones establecidas por el método estadístico formaron una biopelícula, en el caso de T3PO se observa presencia de grumos, todas estas anomalías encontradas representan defectos de una mala homogeneidad provocando grietas para el bioplástico.

3.2.2 Cálculos realizados a los ensayos de bioplásticos de yuca y oca

3.2.2.1 Cálculo del ensayo de humedad

Los ensayos de humedad se realizaron por duplicado, obteniendo un promedio para cada tratamiento, a continuación, se muestra el cálculo del T1 de la oca, a partir de la ecuación 6-2.

$$\% \text{ humedad } R1 = \frac{(\text{peso inicial} - \text{peso final})}{\text{peso inicial}} * 100$$

$$\% \text{ humedad R1} = \frac{(40,035 - 38,904)}{40,035} * 100$$

$$\% \text{ humedad R1} = 0,252$$

3.2.2.2 Cálculo del ensayo de solubilidad

Los ensayos de solubilidad se realizaron por duplicado, obteniendo un promedio para cada tratamiento, a continuación, se muestra el cálculo del T1 de la oca, a partir de la ecuación 7-2

$$\% \text{ solubilidad R1} = \frac{(\text{peso inicial} - \text{peso final})}{\text{peso inicial}} * 100$$

$$\% \text{ solubilidad R1} = \frac{(0,257 - 0,095)}{0,257} * 100$$

$$\% \text{ humedad R1} = 63,035$$

3.2.2.3 Cálculo de los ensayos de biodegradabilidad

Para este ensayo se recortaron 5 muestras y se fueron sacando cada dos para tomar su peso, como referencia se toma la biodegradabilidad del T1 de la oca a los dos días, a partir de la ecuación 10-2

$$\% \text{ pérdida de peso} = \frac{(\text{peso inicial seco} - \text{peso final seco})}{\text{peso inicial seco}} * 100$$

$$\% \text{ pérdida de peso} = \frac{(0,338 - 0,333)}{0,338} * 100$$

$$\% \text{ pérdida de peso} = 1,47$$

3.2.2.4 Ensayos de permeabilidad al vapor

Para este ensayo se recortaron 2 muestras para cada tratamiento, como referencia se toma en cuenta el cálculo de TP1O, a partir de la ecuación 8-2 y 9-2.

$$WVTR = \frac{Q/t}{A}$$

$$WVTR = \frac{(32,438 - 32,435)g/1h}{0,20096m^2}$$

$$WVTR = 0,01493 \frac{g}{h * m^2}$$

$$WVTR = \frac{WVTR * e}{\Delta p}$$

$$* \Delta p = 0,002339MPa(75 - 0)\%$$

$$* \Delta p = 0,175425MPa$$

$$WVTR = \frac{0,01493 \frac{g}{m^2} * 0,000132m}{0,175425MPa}$$

$$WVTR = 1,1233E-05$$

3.2.3 Resultados de la caracterización físicos y mecánicos del bioplástico

De acuerdo con los análisis sensoriales obtenidos se llevó a cabo los ensayos que caracterizan a un bioplástico.

3.2.3.1 Ensayo de espesor

Éste ensayo fue basado en la revista del Laboratorio Tecnológico de Uruguay del tema PELICULAS BIODEGRADABLES Y COMESTIBLES DESARROLLADAS EN BASE A AISLADO DE PROTEÍNAS DE SUERO LÁCTEO: ESTUDIO DE DOS MÉTODOS DE ELABORACIÓN Y DEL USO DE SORBATO DE POTASIO COMO CONSERVADOR, y en el cual se realizó lo siguiente: Se midió con un pie de rey, con una resolución de 0,002 cm , 4 biopelículas recortadas con medidas de 2,5cm x 2,5cm cada una y el resultado se registró como el promedio de estas.

Tabla 19-3: Resultados del ensayo de espesor del bioplástico de yuca

No.	Tratamientos	Variables	Repeticiones	Espesor (mm)	Promedio (mm)
1	TP1Y	CA1: CP1	R1	0,111	0,112
2			R2	0,11	
3			R3	0,115	
4			R4	0,113	
5	TP2Y	CA1: CP2	R1	0,121	0,119
6			R2	0,118	
7			R3	0,117	
8			R4	0,121	
9	TP3Y	CA2: CP1	R1	0,125	0,126
10			R2	0,126	
11			R3	0,126	
12			R4	0,13	
13	TP4Y	CA2: CP2	R1	0,127	0,128
14			R2	0,128	
15			R3	0,13	
16			R4	0,127	

Realizado por: Pastuzaca Castro, Melissa. 2020

Tabla 20-3: Resultados del ensayo de espesor del bioplástico de oca

No.	Tratamientos	Variables	Repeticiones	Espesor (mm)	Promedio (mm)
1	TP1O	CA1: CP1	R1	0,125	0,127
2			R2	0,128	
3			R3	0,126	
4			R4	0,129	
5	TP2O	CA1: CP2	R1	0,126	0,127
6			R2	0,128	
7			R3	0,127	
8			R4	0,128	
9	TP3O	CA2: CP1	R1	0,129	0,128
10			R2	0,129	
11			R3	0,13	
12			R4	0,127	
13	TP4O	CA2: CP2	R1	0,132	0,131
14			R2	0,13	
15			R3	0,132	
16			R4	0,131	

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

3.2.3.2 Ensayo de humedad

Tabla 21-3: Humedad de los bioplásticos

No.	Tratamientos	Variables	Repeticiones	(%) Humedad oca	(%) Humedad yuca
1	TP1O-Y	CA1: CP1	R1	20,435	18,965
2			R2	20,755	18,545
promedio				20,595	18,755
3	TP2O-Y	CA1: CP2	R1	22,753	20,473
4			R2	23,455	20,635
promedio				23,104	20,554
5	TP3O-Y	CA2: CP1	R1	21,653	19,569
G6			R2	21,965	19,955
promedio				21,809	19,762
7	TP4O-Y	CA2: CP2	R1	23,875	21,653
8			R2	23,945	21,975
promedio				23,910	21,814

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

3.2.3.3 Ensayo de solubilidad en el agua

Tabla 22-3: Solubilidad en el agua de los bioplásticos de oca

No.	Tratamientos	Variables	Repeticiones	peso inicial seco (g)	peso final seco (g)	(%) de solubilidad	Promedio
1	TP1O	CA1: CP1	R1	0,257	0,095	63,035	63,282
2			R2	0,255	0,093	63,529	
3	TP2O	CA1: CP2	R1	0,25	0,058	76,8	77,658
4			R2	0,256	0,055	78,516	
5	TP3O	CA2: CP1	R1	0,241	0,099	58,921	59,584
6			R2	0,244	0,097	60,246	
7	TP4O	CA2: CP2	R1	0,527	0,261	50,474	49,997
8			R2	0,521	0,263	49,52	

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

Tabla 23-3: Solubilidad en el agua de los bioplásticos de yuca

No.	Tratamientos	Variables	Repeticiones	Peso inicial seco (g)	peso final seco (g)	% de solubilidad	promedio
1	TP1Y	CA1: CP1	R1	0,227	0,098	56,828	57,303
2			R2	0,225	0,095	57,778	
3	TP2Y	CA1: CP2	R1	0,425	0,122	71,294	70,718
4			R2	0,422	0,126	70,142	
5	TP3Y	CA2: CP1	R1	0,296	0,169	42,905	42,906
6			R2	0,289	0,165	42,907	
7	TP4Y	CA2: CP2	R1	1,032	0,585	43,314	43,28
8			R2	1,029	0,584	43,246	

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

3.2.3.4 Ensayo de permeabilidad al vapor

En la tabla 25-3, se muestran los pesos de (sílica gel, tubo de ensayo y bioplástico) expuestos en ambiente húmedo por 6 horas. Con mediciones periódicas.

Tabla 24-3: Datos para el ensayo de permeabilidad de vapor

Tiempo (horas)	Tratamientos							
	TP1 (g)		TP2 (g)		TP3 (g)		TP4 (g)	
	TP1O	TP1Y	TP2O	TP2Y	TP3O	TP3Y	TP4O	TP4Y
Peso inicial	31,745	30,837	30,776	30,89	31,659	32,595	32,435	32,059
	32,029	31,925	31,896	31,792	30,908	31,116	32,336	32,066
1	31,748	30,838	30,778	30,892	31,66	32,596	32,438	32,061
	32,032	31,927	31,898	31,793	30,909	31,117	32,338	32,068
2	31,748	30,838	30,78	30,892	31,661	32,597	32,439	32,062
	32,032	31,927	31,899	31,794	30,91	31,118	32,34	32,068
3	31,749	30,838	30,781	30,892	31,662	32,597	32,439	32,063
	32,032	31,928	31,9	31,794	30,91	31,118	32,34	32,07
4	31,75	30,84	30,782	30,893	31,662	32,598	32,44	32,063
	32,034	31,929	31,901	31,795	30,911	31,119	32,341	32,072
5	31,752	30,84	30,784	30,894	31,663	32,599	32,441	32,064
	32,035	31,93	31,903	31,796	30,912	31,12	32,342	32,073
6	31,755	30,841	30,787	30,896	31,665	32,6	32,443	32,066
	32,037	31,931	31,905	31,798	30,914	31,122	32,344	32,075

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

Tabla 25-3: Resultados de la tasa de transmisión de vapor de agua

Tiempo (horas)	WVTR (tasa de transmisión de vapor de agua) g/h*m ²							
	Tratamientos							
	TP1 (g)		TP2 (g)		TP3 (g)		TP4 (g)	
TP1O	TP1Y	TP2O	TP2Y	TP3O	TP3Y	TP4O	TP4Y	
1	0,01493	0,00498	0,00995	0,00995	0,00498	0,00498	0,01493	0,00995
	0,01493	0,00995	0,00995	0,00498	0,00498	0,00498	0,00995	0,00995
2	0,01493	0,00498	0,01990	0,00995	0,00995	0,00995	0,01990	0,01493
	0,01493	0,00995	0,01493	0,00995	0,00995	0,00995	0,01990	0,00995
3	0,01990	0,00498	0,02488	0,00995	0,01493	0,00995	0,01990	0,01990
	0,01493	0,01493	0,01990	0,00995	0,00995	0,00995	0,01990	0,01990
4	0,02488	0,01493	0,02986	0,01493	0,01493	0,01493	0,02488	0,01990
	0,02488	0,02488	0,02488	0,01493	0,01493	0,01493	0,02488	0,02986
5	0,03483	0,01493	0,03981	0,01990	0,01990	0,01990	0,02986	0,02488
	0,02986	0,02488	0,03483	0,01990	0,01990	0,01990	0,02986	0,03483
6	0,04976	0,01990	0,05474	0,02986	0,02986	0,02488	0,03981	0,03483
	0,03981	0,02986	0,04479	0,02986	0,02986	0,02986	0,03981	0,04479

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

Tabla 26-3: Resultados de la permeabilidad de vapor de agua

Tempo (horas)	TP1		TP2		TP3		TP4	
	Permeabilidad promedio ($g \cdot h^{-1} \cdot m^{-1} \cdot MPa^{-1}$)							
	Oca	Yuca	Oca	Yuca	Oca	Yuca	Oca	Yuca
1	0,0000108	0,0000033	7,26171E-06	6,75112E-06	3,68759E-06	3,54576E-06	1,1233E-05	7,26171E-06
	0,0000108	0,0000065	7,26171E-06	3,37556E-06	3,68759E-06	3,54576E-06	7,48864E-06	7,26171E-06
2	0,0000108	0,0000033	1,45234E-05	6,75112E-06	7,37517E-06	7,09151E-06	1,49773E-05	1,08926E-05
	0,0000108	0,0000065	1,08926E-05	6,75112E-06	7,37517E-06	7,09151E-06	1,49773E-05	7,26171E-06
3	0,0000144	0,0000033	1,81543E-05	6,75112E-06	1,10628E-05	7,09151E-06	1,49773E-05	1,45234E-05
	0,0000108	0,0000098	1,45234E-05	6,75112E-06	7,37517E-06	7,09151E-06	1,49773E-05	1,45234E-05
4	0,0000180	0,0000098	2,17851E-05	1,01267E-05	1,10628E-05	1,06373E-05	1,87216E-05	1,45234E-05
	0,0000180	0,0000163	1,81543E-05	1,01267E-05	1,10628E-05	1,06373E-05	1,87216E-05	2,17851E-05
5	0,0000252	0,0000098	2,90468E-05	1,35022E-05	1,47503E-05	1,4183E-05	2,24659E-05	1,81543E-05
	0,0000216	0,0000163	2,5416E-05	1,35022E-05	1,47503E-05	1,4183E-05	2,24659E-05	2,5416E-05
6	0,0000360	0,0000130	3,99394E-05	2,02534E-05	2,21255E-05	1,77288E-05	2,99546E-05	2,5416E-05
	0,0000288	0,0000196	3,26777E-05	2,02534E-05	2,21255E-05	2,12745E-05	2,99546E-05	3,26777E-05

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

3.2.3.5 Ensayo mecánico

Tabla 27-3: Resultados de las propiedades mecánicas del bioplástico de yuca

No.	Tratamiento	Módulo elasticidad (MPa)	Carga de fluencia (N)	Esfuerzo de fluencia (MPa)	Carga máxima (N)	Esfuerzo máximo (MPa)	Elongación (%)
1	TP1Y	5,96E+00	2,29	0,96	3,245	1,34	55,225
2	TP4Y	6,25E+00	1,79	0,75	2,32	0,97	27,175

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

Tabla 28-3: Resultado de las propiedades mecánicas del bioplástico de oca

No.	Tratamiento	Módulo elasticidad (MPa)	Carga de fluencia (N)	Esfuerzo de fluencia (MPa)	Carga máxima (N)	Esfuerzo máximo (MPa)	Elongación (%)
1	TP1O	2,45e+00	0,91	0,43	1,19	0,56	32,11
4	TP4O	2,31e+00	5,34	2,59	7,035	2,59	21,405

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

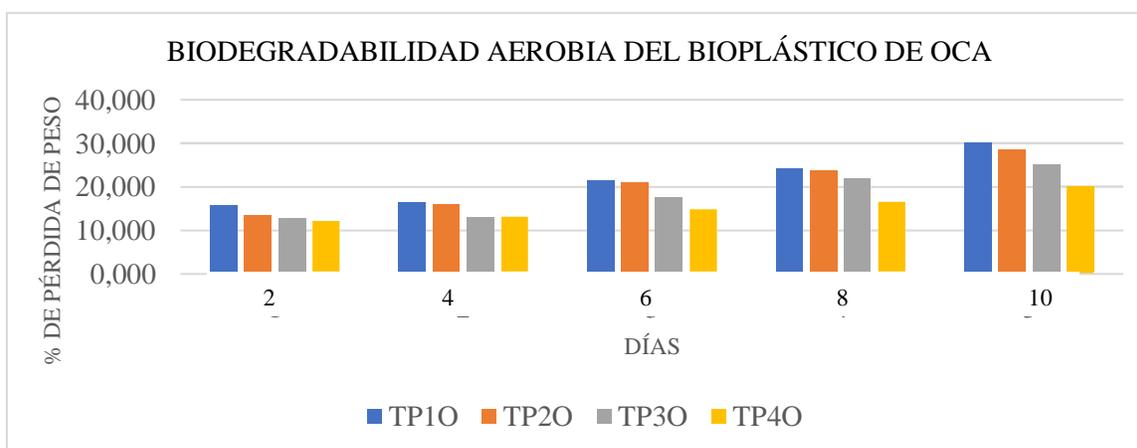
3.2.3.6 Ensayo de biodegradabilidad

Tabla 29-3: Resultado de la biodegradabilidad del bioplástico de oca

Tratamientos	peso inicial seco (g)	Días	peso final seco (g)	% de pérdida de peso
TP1O	0,338	2	0,285	15,68
	0,336	4	0,281	16,369
	0,362	6	0,284	21,547
	0,338	8	0,256	24,26
	0,336	10	0,235	30,06
TP2O	0,431	2	0,373	13,457
	0,584	4	0,491	15,925
	0,339	6	0,268	20,944
	0,416	8	0,317	23,798
	0,426	10	0,304	28,638
TP3O	0,28	2	0,244	12,857
	0,246	4	0,214	13,008
	0,306	6	0,252	17,647
	0,288	8	0,225	21,875
	0,314	10	0,235	25,159
TP4O	0,412	2	0,362	12,136
	0,826	4	0,718	13,075
	0,974	6	0,829	14,887
	0,81	8	0,676	16,543
	0,99	10	0,791	20,101

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

La norma europea EN 13432 define que los productos finales de las reacciones en presencia de oxígeno y sin oxígeno son las siguientes: Descomposición aeróbica (con oxígeno): $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{biomasa}$



Gráfica 1-3: Biodegradabilidad de los bioplástico de oca

Realizado por: Pastuizaca, M, Laboratorio de Investigación, ESPOCH, 2020



Figura 3-3: Biopelículas de Oca expuestas a biodegradabilidad aerobia T1
Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

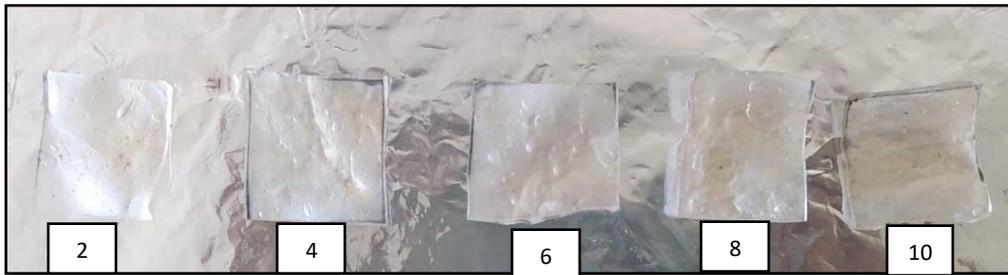


Figura 4-3: Biopelículas de Oca expuestas a biodegradabilidad aerobia T3
Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

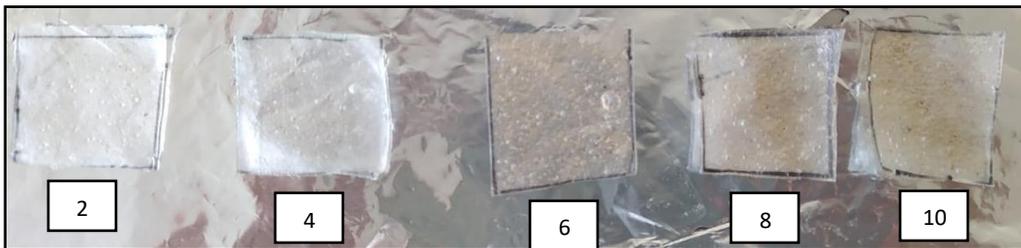


Figura 5-3: Biopelículas de Oca expuestas a biodegradabilidad aerobia T2
Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

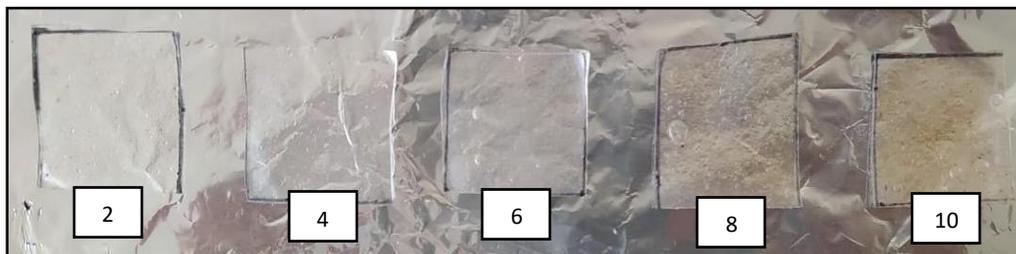
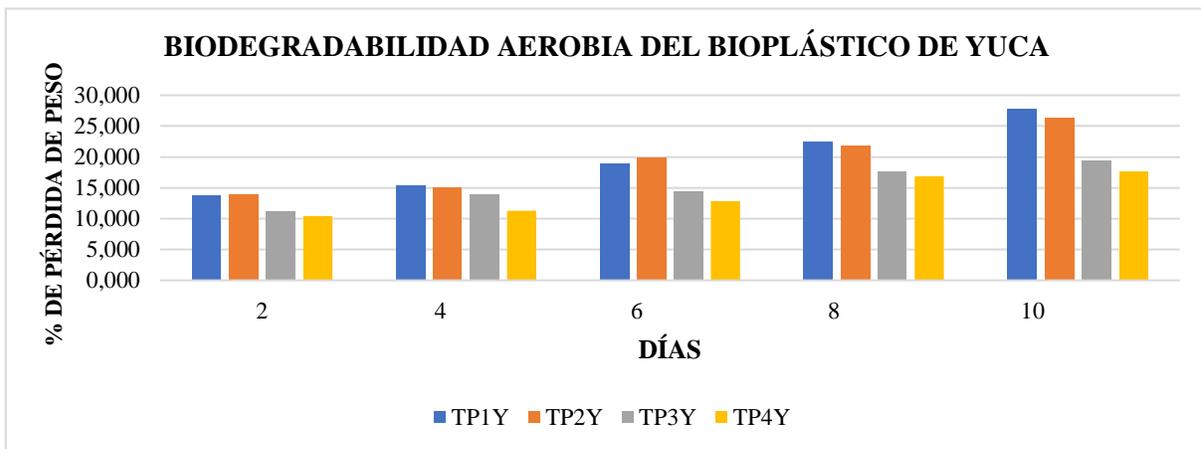


Figura 6-3: Biopelículas de Oca expuestas a biodegradabilidad aerobia T4
Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

Tabla 30-3: Resultado de la biodegradabilidad del bioplástico de yuca

Tratamientos	peso inicial seco (g)	Días	peso final seco (g)	% de pérdida de peso
TP1Y	0,274	2	0,236	13,869
	0,318	4	0,269	15,409
	0,352	6	0,285	19,034
	0,316	8	0,245	22,468
	0,436	10	0,315	27,752
TP2Y	0,344	2	0,296	13,953
	0,356	4	0,302	15,169
	0,326	6	0,261	19,939
	0,343	8	0,268	21,866
	0,329	10	0,242	26,444
TP3Y	0,438	2	0,389	11,187
	0,544	4	0,468	13,971
	0,504	6	0,431	14,484
	0,494	8	0,407	17,611
	0,76	10	0,613	19,342
TP4Y	0,761	2	0,682	10,381
	1,252	4	1,111	11,262
	1,202	6	1,048	12,812
	1,221	8	1,015	16,871
	0,988	10	0,814	17,611

Realizado por: Pastuzaca Castro, Melissa. 2020



Gráfica 2-3: Biodegradabilidad de los bioplástico de la yuca

Realizado por: Pastuzaca Castro, Melissa. 2020

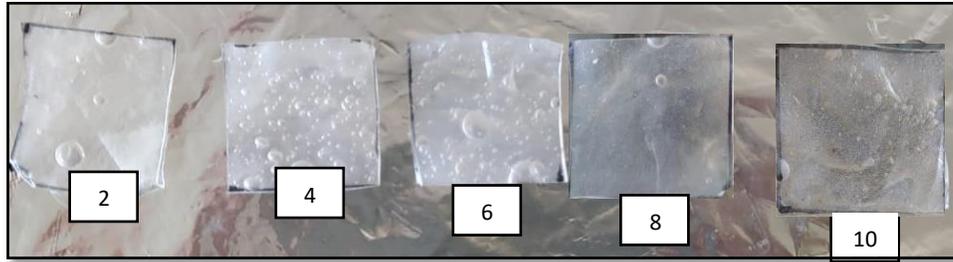


Figura 7-3: Biopelículas de la yuca expuestas a biodegradabilidad aerobia T1
Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020



Figura 8-3: Biopelículas de la yuca expuestas a biodegradabilidad aerobia T2
Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

Tabla 31-3: Resultados de biodegradabilidad de la yuca y oca

TRATAMIENTOS (%)	DIAS									
	2		4		6		8		10	
	TRATAMIENTOS									
	OCA	YUCA	OCA	YUCA	OCA	YUCA	OCA	YUCA	OCA	YUCA
TP1	15,68	13,869	16,369	15,409	21,547	19,034	24,26	22,468	30,06	27,752
TP2	13,457	13,953	15,925	15,169	20,944	19,939	23,798	21,866	28,638	26,444
TP3	12,857	11,187	13,008	13,971	17,647	14,484	21,875	17,611	25,159	19,342
TP4	12,136	10,381	13,075	11,262	14,887	12,812	16,543	16,871	20,101	17,611

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

3.3 Discusión

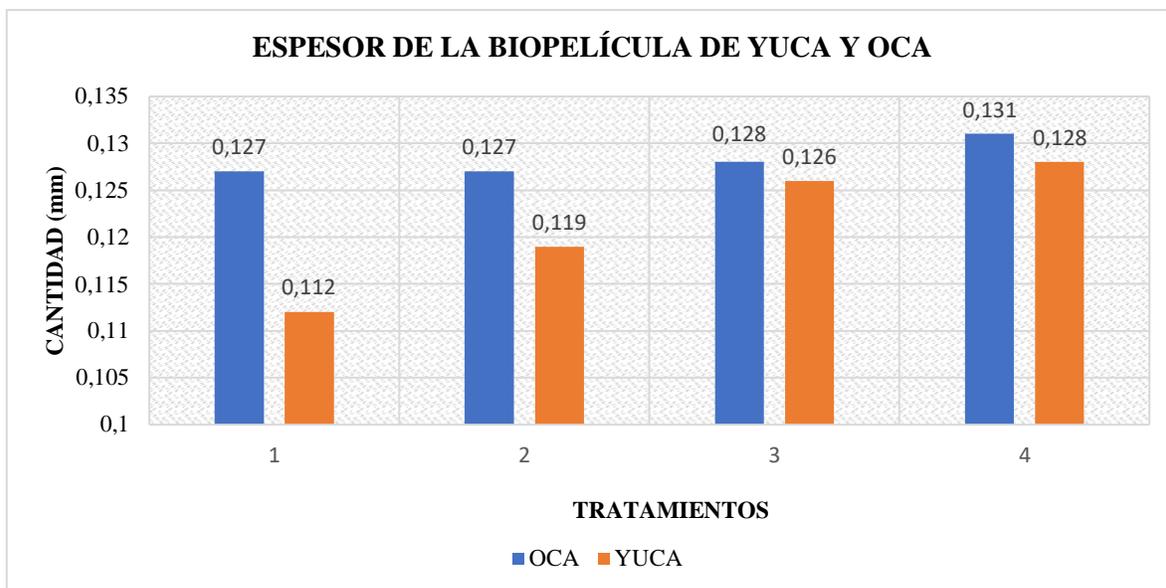
Las biopelículas elaboradas a partir de almidón yuca y oca presentaron las siguientes características:

Se realizó un muestreo para la selección de materia prima, ésta debía estar libre de impurezas o en estado de putrefacción, la oca y la yuca fueron adquiridas en 3 diferentes mercados de la ciudad de Riobamba. Badui (1999, p. 38) manifiesta que el grado de madurez del fruto es un factor importante para la obtención de mayores rendimientos en el almidón, ya que entre más inmaduro esté el fruto el contenido de almidón es mayor y diferente, porque a medida que avanza el proceso de maduración el almidón se convierte en azúcares. Mediante el diseño factorial 2^k se elaboró 6 tratamientos con 4 repeticiones respectivamente, obteniendo así el mayor rendimiento de almidón en la oca en **TP5O** con una 13,3% siendo mayor al rendimiento de 9,25% obtenido por Silva (2017. p. 30) en su estudio, para la yuca se obtuvo del **TP5Y** con un 21,8 % presentando un valor menor al reportado por Arévalo (2018. p.65) el cual fue de un 27.03%.

El contenido de amilosa y amilopectina de la yuca y Oca fue de un (36,66% -63,34%) y (33,09%-66,91%), comparando el porcentaje obtenido por Repamar (2000. pp 34-40) donde indica un contenido de amilosa en 16% y 84% de amilopectina en el almidón de yuca podemos decir que los datos alcanzado en esta investigación son mayores y equivalente a los que consiguió Morín (2010. pp. 50) con un 17% de amilosa y 83% de amilopectina.

Mediante el análisis sensorial se pudo comprobar que a concentraciones de almidón (8,2 % y 11,2%), glicerina (5,2% y 9,5%) se forman biopelículas del almidón obtenido de la yuca y oca, para esto fueron seleccionados los mejores tratamientos que cumplan con el análisis físico químico, para este caso fueron TP1Y, TP3Y, TP4Y y TP1O, TP4O.

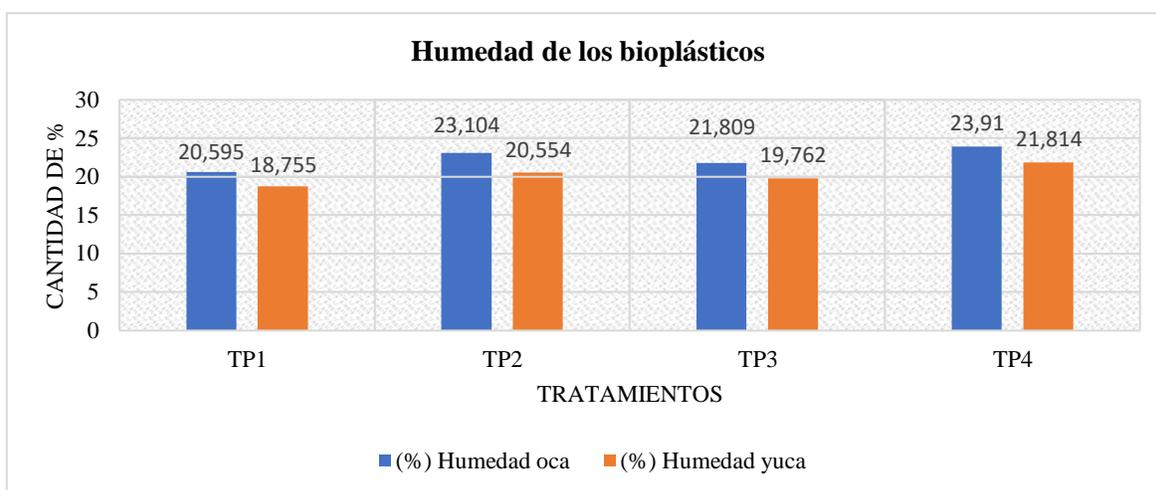
Para el espesor, según la norma INEN 2542:2010 (Láminas plásticas requisitos), establece que las biopelículas deben tener un máximo de 0,2 mm. comprobando de tal forma que los TP1O-TP1Y, TP2O-T2PY, TP3O-TP3Y, TP4O-TP4Y detallados en la tabla 20-3 y tabla 21-3 cumplen con el espesor para ser empleadas como láminas plásticas, se puede apreciar en la gráfica 3-3 el espesor de las biopelículas obtenidas de la oca tienen un mayor grosor comparado con la de la yuca.



Gráfica 3-3: Espesor de las biopelículas de Oca y Yuca

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

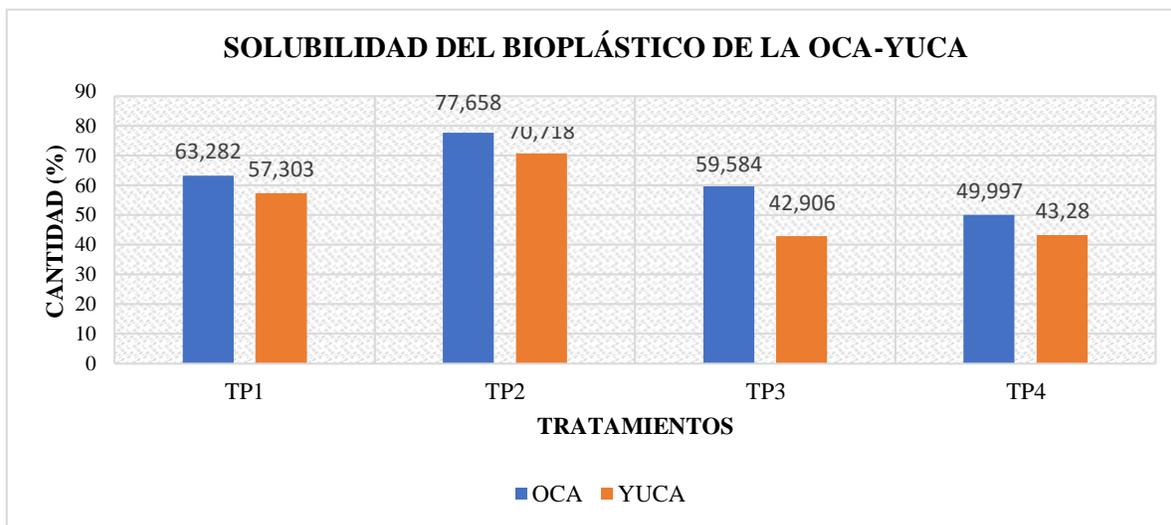
El mayor porcentaje de humedad tiene TP2O, TP2Y, TP4O, TP4Y (**23,104%**; **23,910%** y **20,595%**; **21,809%**) . Esto se debe a la presencia de la glicerina, que aumenta la hidrofilia de las biopelículas y las hace más fáciles de hidratar, como se observa en el tratamiento 2 y 4 de las biopelículas. Escobar (2009, pp. 33-35), manifiesta en su estudio que las láminas de bioplástico deben estar en un rango de humedad de 19,3 a 22,1 % importante para evitar la flora bacteriana que se pueda crear en la biopelícula.



Gráfica 4-3: Humedad del bioplástico de oca-yuca

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

En cuanto para ser una alternativa como envoltura en alimentos Trujillo (2014, p. 76) establece en su estudio que porcentajes menores del 70 % son utilizados en empaques de alimentos, porcentajes mayores son utilizados como recubrimientos solubles de cápsulas en el área de medicina, siendo así descartados TP2O y TP2Y ya que tienen un porcentaje de solubilidad del 77,658(%) y 70,71(%) respectivamente, como se puede observar en la figura 5-3.



Gráfica 5-3: Solubilidad del bioplástico de Oca- Yuca

Realizado por: Pastuzaca Castro, Melissa. 2020

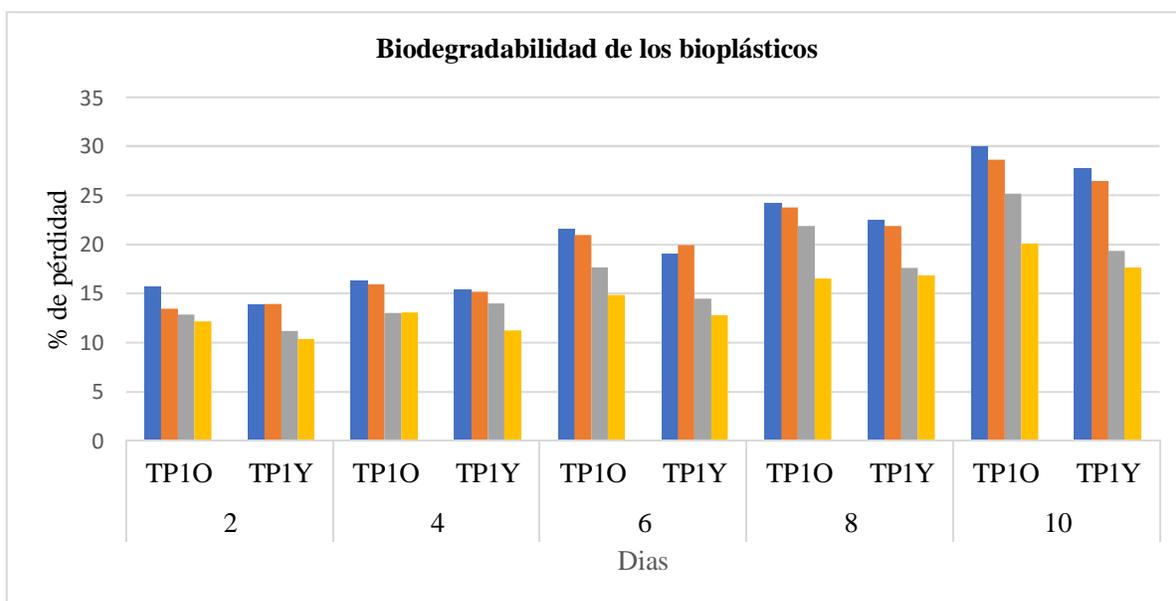
Uno de los factores más importantes que afecta la permeabilidad al vapor de agua, es el uso de plastificantes, ya que cuanto mayor contenido de plastificante, mayor será la PVA, esto debido a que su presencia disminuye las fuerzas intermoleculares en las cadenas del polímero, dando una mayor movilidad molecular, aumentando su permeabilidad al agua (Villada y Joaquín 2013pp. 59-68).

El cambio en el valor de permeabilidad se debe a las diferentes concentraciones de plastificante y almidón en las biopelículas y su tiempo de almacenamiento. Como se puede observar en la tabla 26-3. La permeabilidad de vapor reportada en las biopelículas obtenidas de la oca y yuca a las 6 horas expuestas fueron de $(2,88E^{-5}$ a $2,9954E^{-5}$ g/MPa.m.h) y $(1,96E^{-5}$ a $3,26777E^{-5}$ g/MPa.m.h) respectivamente, estos valores son menores con los resultados de permeabilidad reportado en el estudio de Buensuceso (2010, p. 50) $(1,6125$ a $2,1367$ g/MPa.m.h) al cabo de 24 horas y cercanos a los que obtiene Müller y colaboradores (2008) y de Vega T. (2009), $(28.88 \times 10^{-9}$ y 23.33×10^{-9} g/MPa.m.h) respectivamente. Siendo así una biopelícula con una permeabilidad al vapor de agua baja, favorable para que sea expuesta como una envoltura.

La norma europea EN 13432 establece que el 90% y un máximo de seis meses el material biodegradable debe desintegrarse o debe quedar fragmentado en segmentos pequeños transcurridas

las 12 semanas. En este estudio se puede observar en la tabla 28-3 que a partir del día 10 los bioplásticos empiezan a perder peso debido a su descomposición.

En la gráfica 6-3 se puede apreciar que al cabo de 10 días **TP1O** y **TP1Y** alcanzan el 30,06%, 27,752 respectivamente de biodegradabilidad y se encuentra bajo los porcentajes obtenidos por Charro (2015, p. 55) el cual obtuvo valores del (21,57-33,19 al cabo de 10 días), teniendo como probabilidad que el bioplástico de la Yuca y Oca se descompondrá al cabo de 35-45 días en un medio aerobio.



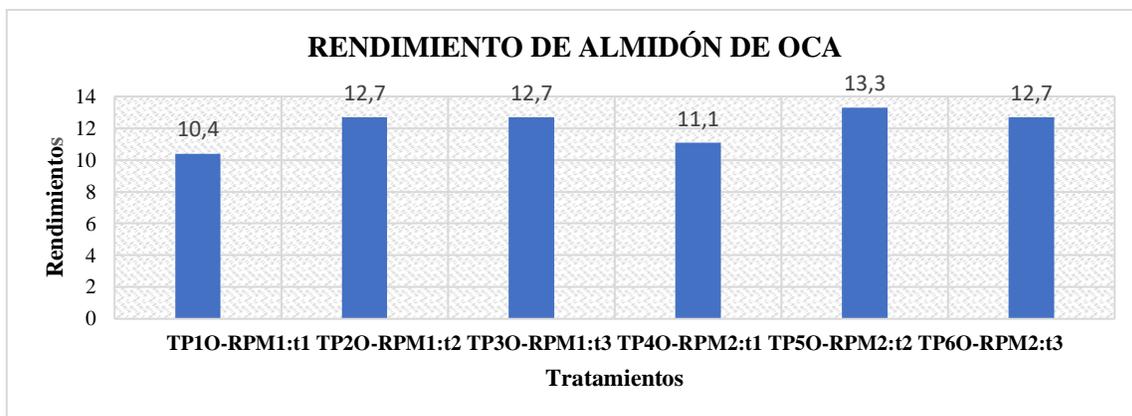
Gráfica 6-3: Biodegradabilidad de los bioplásticos

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

3.5 Prueba de hipótesis

3.5.1 Hipótesis 1.

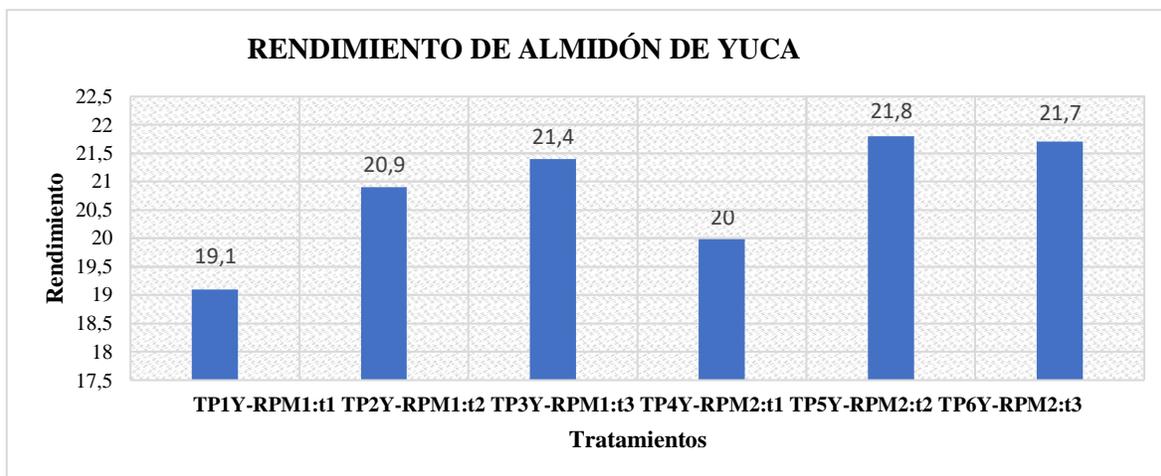
Mediante la vía húmeda se pudo extraer almidón de Oca y Yuca, como se puede observar en la gráfica 3-3 el mayor rendimiento de almidón de oca se obtuvo en **TP50-RPM2:t2**, sin embargo, mediante un análisis ANOVA se observó que no existe diferencia significativa entre los tratamientos realizados.



Gráfica 7-3: Rendimiento de almidón de oca

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

En la gráfica 4-3 se puede apreciar que **TP5Y-RPM2:t2** contiene el mayor porcentaje de almidón siendo factible para la elaboración de las biopelículas ya que contienen un buen porcentaje de amilosa y amilopectina expresada en la tabla 14-3.

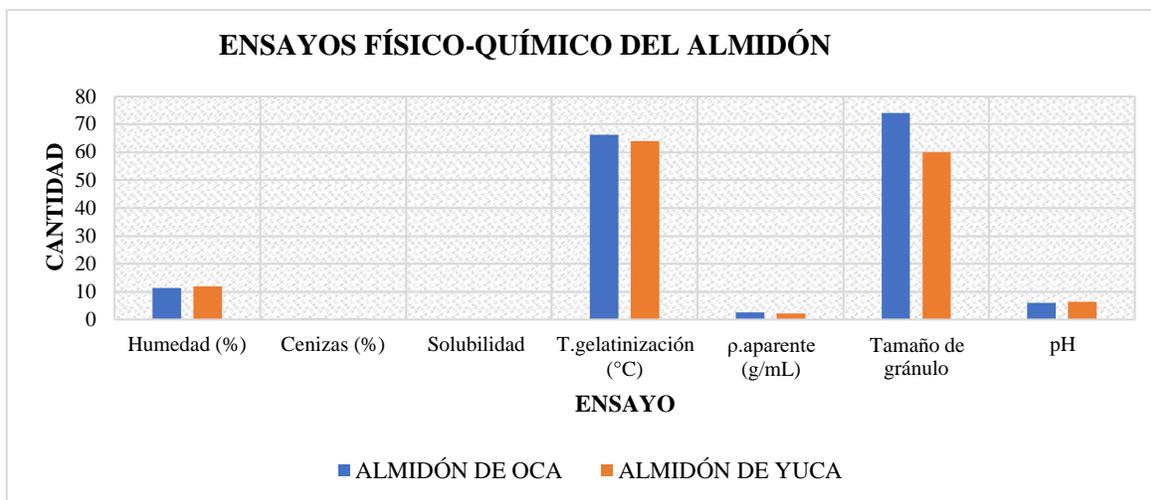


Gráfica 8-3: Rendimiento de almidón de yuca

Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

3.5.2 Hipótesis 2

A los almidones obtenidos de oca y yuca se realizaron pruebas fisicoquímico las cuales se encuentran en el rango establecido de la guía de la FAO y la norma NTE INEN 1456:1986, estos valores se encuentran expresados en la tabla 15-3 y tabla 16-3.



Gráfica 9-3: Ensayos fisicoquímico-realizados al almidón de Oca y Yuca
Realizado por: Pastuizaca Castro, Melissa. 2020

3.5.3 Hipótesis 3

Para determinar las cantidad recomendable para la elaboración de las biopelículas se detalló un análisis estadístico factorial 2^k la cual nos arrojó variables como la concentración de almidón (8,2% y 11,2%) y la concentración de plastificante (5,2% y 9,5%), y se establecieron constantes siendo estas la cantidad de: vinagre (5mL), Agua (100mL), Tiempo(24h) y temperatura de secado para las biopelículas(50°C), posteriormente de ser comprobadas mediante ensayos preliminares sensoriales expresados en la figura 1-3, figura 2-3.

3.5.4 Hipótesis 4

Las biopelículas obtenidas del almidón de Oca y Yuca presentan propiedades fisicoquímicas dentro del rango establecido, así como también propiedades cualitativas los cuatro tratamientos forman biopelículas, flexibles, transparentes y resistentes, el TP2Y se presenta pegajosa al tacto, TP2Y, TP2O sobrepasa del 70% de solubilidad, siendo así descartadas para un reemplazo de envolturas en alimentos el TP1Y,TP4O presenta un porcentaje menor del 70% de solubilidad, mediante el análisis sensorial se puede observar que el TP3O de la Oca tiende a doblarse. En las propiedades de tracción el TP1O- TP1Y y TP4O- TP1Y presentaron mejor elongación, además que las biopelículas presentaron mejor transparencia.

CONCLUSIONES

- La oca y la yuca presentan 77,73% y 65,2% de humedad respectivamente; en cuanto a ceniza la yuca contiene 0,6%, mientras que la oca (2,3%); los tubérculos contienen un alto contenido de carbohidratos, 88,19% en oca y un 32,8% en la yuca.
- Mediante una extracción por vía húmeda se obtuvo almidón de yuca y oca, con un rendimiento de 21,8% y 13,3 %, respectivamente, posteriormente se obtuvo un porcentaje de amilosa de 36,66% y 33,09%.
- Mediante un diseño factorial 2^k se establecieron concentraciones de almidón (8,2% y 11,2%) y glicerina (5,2% y 9,5%) para la obtención de las biopelículas. Los ensayo preliminares realizados a los bioplásticos presentaron flexibilidad y transparencia.
- Se realizó la caracterización fisicoquímica al almidón de yuca y Oca, donde se obtuvieron valores de humedad (11,23% y 11,74%), ceniza (0,112% y 0,086%), temperatura de gelatinización (66,2 °C y 64°C) y pH (5,85 y 6,35), para la solubilidad los dos presentaron opalescencia, para el tamaño de gránulo cumplió con un (74% y 60%).
- Las biopelículas de yuca y oca a partir de la semana 12 empezó con la desintegración, en segmentos pequeños, expuesta en un medio aeróbico.
- Los ensayos de tracción descrito en la norma INEN 2635 (Método de Ensayo para las propiedades de Tracción de Láminas Plásticas Delgadas) fueron ensayados sobre el TP1, TP4 de la oca y yuca ya que presentaron mejores propiedades físico química y sensoriales para ser reemplazados como envoltura en alimentos el TP1O y TP4O tiene un módulo de elasticidad de (2,452. E+00MPa; 2,309. E+00MPa), de esfuerzo máximo (0,56MPa; 2,59MPa), esfuerzo de fluencia (0,43MPa; 1,97MPa), el TP1Y Y TP4Y tiene un módulo de elasticidad de (5,955.E+00MPa; 6,247.E+00MPa) , de esfuerzo máximo (1,34 MPa; 0,97 MPa) ,esfuerzo de fluencia (0,96MPa; 0,75).

RECOMENDACIONES

- La pulpa que sobra de la yuca y oca se recomienda volver a licuar para obtener el almidón que puede aún existir y mejorar el rendimiento.
- Para posteriores trabajos sobre elaboración de biopelículas se recomienda realizar otros experimentos usando nuevas concentraciones de almidón y plastificante, también variaciones de agua, glicerina y temperatura de secado.
- Se recomienda incluir en la investigación estudios microbiológicos para ser considerada como envoltura en alimentos.
- Se recomienda que las biopelículas formuladas adquieran otras formas según la necesidad de molde que se requiera.

BIBLIOGRAFÍA

AMBIENTA. 2007. Bolsas de Plástico 100% Biodegradables [en línea]. 2007 [Citado el: 20 de agosto de 2020]. <http://www.sphere-spain.es/node/59>.

AOAC. 2000. Ash of flour. Association of Analytical Chemists International (AOAC). 7 ed. MD, Estados Unidos de América.

ARÉVALO, A. PEÑA, V. LAÍNEZ, V. 2018. “Formulación y caracterización de una biopelícula comestible elaborada a partir de almidón de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) y yuca (*Manihot esculenta*)”. [Citado el: 25 de agosto de 2020.] <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/15440/1/Formulaci%C3%B3n%20y%20caracterizaci%C3%B3n%20de%20una%20Biopel%C3%ADcula%20comestible%20elaborada%20a%20partir%20de%20Almid%C3%B3n%20de%20Sorgo%20%28Sorghum%20bicolor%20%28L.%29%20Moench%29%20y%20Yuca%20%28Manihot%20esculenta%29.pdf>

ARISTIZÁBAL, J. SÁNCHEZ, T. 2007. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. *BOLETÍN DE SERVICIOS AGRÍCOLAS DE LA FAO*. [En línea] 2007. [Citado el: 02 de agosto de 2020.] <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf>.

ARISTIZÁBAL, Johanna. 2007. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. [En línea] 2007. [Citado el: 04 de Marzo de 2020.] <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf>.

ASTM D1653-93 (1999). Métodos de prueba estándar para la transmisión de vapor de agua de películas de revestimiento orgánico, ASTM International, West Conshohocken, PA, 1999, www.astm.org

BADUI, D. 1999. Química de los alimentos. Cuarta Edición. Editorial Pearson. México. Capítulo 1.

BRITO, H. 2001. Libro Básico de operaciones Unitarias II. se <file:///C:/Users/melis/Downloads/TEXTOSICOOPERACIONESUNITARIASII.pdf> pp 21.

BRITO, H. 2001. Libro Básico de operaciones Unitarias III. se <file:///C:/Users/melis/Downloads/TEXTOPERACIONESUNITARIASIII.pdf> pp.16.

BRITO, H. 2019. Diseño de un proceso de producción industrial de almidón a partir de mashua (*Tropaeolum tuberosum*). [Citado el: 28 de julio de 2020] <https://www.researchgate.net/publication/338824584>

CAMPUZANO, F. 2018. Normativas y regulaciones para polímeros biodegradables y compostables. [En línea] Julio de 2018. [Citado el: 01 de marzo de 2020.] <http://www.plastico.com/temas/Normativas-y-regulaciones-para-polimeros-biodegradables-y-compostables+126663?pagina=2>.

DELPEUCH, F. y FAVIER, J.C. 1980. Caracteristique des amidons de plantas alimentaires tropicales: action de l'alpha-amylase, gonflement et solubilité. Paris, Ann. Technol. Agric., 29(1): 53-67. 1980.

EcuRed. 2016. La Oca. [En línea] 2016. [Citado el: 01 de marzo de 2020.] https://www.ecured.cu/La_Oca#Valor_Nutricional.

EL TELÉGRAFO. 2016. En Urcuquí se impulsa la siembra de oca para rescatar la diversidad genética del tubérculo. [En línea] Julio de 02 de 2016. [Citado el: 03 de Marzo de 2020.] <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/en-urcuqui-se-impulsa-la-siembra-de-oca-para-rescatar-la-diversidad-genetica-del-tuberculo>.

EMASEO. 2018. Quito desecha 277 toneladas de plástico al día. [En línea] junio de 2018. [Citado el: 13 de Abril de 2020.] <https://www.elcomercio.com/actualidad/desecho-diario-plastico-basura-quito.html>.

ESCOBAR, D., SALA, A., SILVERA, C, et 2009. Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo: estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador. [Citado el: 19 de julio de 2020.] [file:///C:/Users/melis/Downloads/Peliculas_biodegradables_y_comestibles_desarrollad%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/melis/Downloads/Peliculas_biodegradables_y_comestibles_desarrollad%20(1).pdf)

ESCOBAR, D. 2009. Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo: estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador. Revista del Laboratorio Tecnológico del Uruguay, no. 4, pp. 33- 35.

ESPINOSA, M. 2015. Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de papa. [En línea] 2015. [Citado el: 01 de marzo de 2020.] <http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/3788/1/T-UCE-0017-97.pdf>.

ENCALADA, K. 2016. Obtención y caracterización de un material termoplástico a partir de polivinil alcohol y almidón de achira (*Canna edulis*). Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.

EUROPEAN BIOPLASTICS. 2017. Institute for Bioplastics and Biocomposites. Report - bioplastic marked data. Eur. Bioplastics, pp. 1-7.

FAO. 2020. Cultivos tradicionales. [En línea] 2020. [Citado el: 19 de mayo de 2020.] <http://www.fao.org/traditional-crops/oca/es/>.

FAO.2006. TUBERCULOS ANDINOS. [En línea] 2006. [Citado el: 01 de junio de 2020.] http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/c_ontenido/libro10/cap03_2.htm.

GUERRÓN, G. 2014 Energías renovables panorama nacional- internacional. Inst Nac Efic Energética y Energías Renov. pp. 1-51

GRACE, M. 1977. Elaboración de la yuca. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma. pp. 116

GONZALES, Y. 2016. EcuRed. La Oca-p. 213. [En línea] 11 de noviembre de 2016. [Citado el: 02 de junio de 2020.] https://www.ecured.cu/La_Oca.

ICONTEC. 2002. Alimentos para animales. Yuca integral seca para consumo animal. NTC 3528. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Bogotá.

INEN 2542. Láminas plásticas. Requisitos.

INEN. 2013. Norma técnica ecuatoriana nte inen 2043:2013. [En línea] 2013. [Citado el: 08 de agosto de 2020.] <https://181.112.149.204/buzon/normas/2043-1.pdf>.

InfoAgro. 2016. Departamento de Ingeniería Agrónoma. Contenidos. [En línea] 2016. [Citado el: 04 de mayo de 2020.] <https://infoagro.com/hortalizas/yuca.htm>.

INiAP. 2014. [En línea] 2014. [Citado el: 03 de MAYO de 2020.] <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mraiz/ryuca>.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. 2018. Según la última estadística de información ambiental: Cada ecuatoriano produce 0,58 kilogramos de residuos sólidos al día. <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/segun-la-ultima-estadisticade-informacion-ambiental-cada-ecuatoriano-produce-058-kilogramos-de-residuos-solidos-al-dia/>

ISI 1999. Determination of pH in starch and syrup. ISI 26-5e. In: Laboratory methods. Science Park, Aarhus, Dinamarca, International Starch Institute (ISI). <http://www.starch.dk/isi/methods/index.htm>.

KING, S. 1988. *Economic botany of the andean tuber crop complex. Lepidium meyenii, Oxalis tuberosa, Tropaeolum tuberosum and Ullucus uberosus. Ph.D. disserts.* The City University of New York. U.S.A : s.n., 1988.

LaHora. 2006. La yuca un cultivo nacional. [En línea] 06 de septiembre de 2006. [Citado el: 03 de marzo de 2020.] <https://lahora.com.ec/noticia/476171/la-yuca-un-cultivo-nacional->

LAOS, F y RIVERA, A. 2004. Caracterización de almidones aislados de tubérculos andinos: mashua (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*oxalis tuberosa*), olluco (*Ullucus tuberosus*) para su aplicación tecnológica. Programa Cybertesis PERU. [En línea] 2004. [Citado el: 19 de mayo de 2020.] https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/1640/Bety_Apaza_Tesis_Licenciatura_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

LEÓN, M. GONZALEZ, V. FLORES, P. 2011. Composición química de “oca” (*Oxalis tuberosa*), (*Arracacia xanthorrhiza*) y tarwi” (*Lupinus mutabilis*). Formulación de una mezcla base para productos alimenticios. Perú : s.n., 12 de Octubre 12 de 2011, Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos, pág. 14.

- LEON, G. 1968.** Variabilidad morfológica de Oxalis tuberosa (oca) y clave de identificación del tubérculo Tesis. UNSAAC, Cusco, Perú. [En línea] 1968. [Citado el: 01 de junio de 2020.] http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/c_ontenido/libro10/cap03_2.htm.
- LEON, L. MOSCICKI, J. 2009.** Thermoplastic Starch. [ed.] Edición. Federal Republic of Germany. s.l. : Editorial Willey. 1ra Edición, 2009.
- MANI, R. 1998.** Properties of Injection Molded starch/Synthetic Polymer Blends-IV. Thermal and Morphological Properties. European Polymer - Vol 34, N° 10 - Great Britain-. P1477. [En línea] 1998. [Citado el: 01 de marzo de 2020.] https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/7364/Gladys_RuizAviles_2005.pdf?sequence=2.
- MARK, 2001.** High Performance Biodegradable Materials from Oriented Starch- U.S patent 6,218,532 – Cincinnati-USA. April 17, 2001.
- MATARUNA, A. 2000.** *Diseño para obtener empaque Biodegradable. Proyecto de grado Universidad Eafit – Medellín-Colombia.* [En línea] 2000. [Citado el: 01 de marzo de 2020.] https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/7364/Gladys_RuizAviles_2005.pdf?sequence=2.
- MCPHEE, E.** Edible wrapping project attracts interest. Otago Daily Times (2018). [Citado el: 19 de Mayo de 2020.] <https://www.odt.co.nz/news/dunedin/campus/university-of-otago/edible-wrapping-project-attractsinterest>
- MÉNDEZ, A. 2010.** Glicerol. [en línea]. La Guía de Química. [Citado el: 21 de julio de 2020]. Disponible en: <https://quimica.laguia2000.com/compuestos-quimicos/glicerol>.
- MORÍN E. 2010.** Elaboración y caracterización de películas comestibles a base de almidón de maíz ceroso y mucílago de nopal (opuntia ficus) usando la tecnología de extrusión termoplástica. Universidad Autónoma de Querétaro (México). Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos
- POSADA, H. 2012.** Procesos de Bioremediación. [en línea]. Bogotá-Colombia. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAM. [Citado: 7 de junio de 2020]. Disponible en: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358025/Material_online/leccin_14_biodegradabilidad.html
- QUIMIPEDIA. 2017.** Agua destilada. [en línea]. VadeQuímica. [Citado el: 29 de julio de 2018]. <https://www.vadequimica.com/quimipedia/a/agua-destilada/>
- REPAMAR M, CEPIS/PS (2000).** Impacto ambiental de productos químicos auxiliares usados en la industria textil Argentina. Productos de acabados.
- RODRIGUEZ, A. 2012.** Ciencia y Tecnología de Alimentos. [En línea] noviembre de 2012. [Citado el: 01 de marzo de 2020.]

https://www.researchgate.net/publication/328676031_Biodegradabilidad_de_materiales_bioplasticos.

SILVA, M. 2017. Valorización de la oca (oxalis tuberosa) para la utilización de mezclas biopoliméricas. [Citado el: 21 de agosto de 2020.] [file:///C:/Users/melis/Downloads/CD-8256%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/melis/Downloads/CD-8256%20(2).pdf)

SMITH, R. 1967. Characterization and analysis of starches. In Whistler, R.L. & Paschall, E. Starch: Chemistry and Technology. Vol II. Industrial Aspects. New York, Academia Press. p. 593

SPHERE. 2001. Mal uso de la norma europea de compostabilidad EN 13432 [Citado el: 19 de agosto de 2020.] <http://www.sphere-spain.es/node/163>

SUQUILANDA, M. 2018. Producción orgánica de cultivos andinos. [Citado el: 28 de agosto de 2020] http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/mountain_partnership/docs/1_produccion_organica_de_cultivos_andinos.pdf

TRUJILLO, C. 2014. "Obtención de películas biodegradables a partir de almidón de yuca (Manihot esculenta crantz) doblemente modificado para uso en empaque de alimentos" [Citado el: 19 de agosto de 2020.] <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/65/004-2-1-013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

UNOCANG. 2018. Producción Orgánica de Cultivos Andinos. Manual Técnico. Página 32. [En línea] 2018. [Citado el: 19 de mayo de 2020.] http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/mountain_partnership/docs/1_produccion_organica_de_cultivos_andinos.pdf.

VILLADA, H. Y JOAQUÍN, D. (2013). Propiedades ópticas y permeabilidad de vapor de agua en películas producidas a partir de almidón. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 59-68.

WANG, L. 2013. Preparation and characterization of active films based on chitosan incorporated tea polyphenols. Food Hydrocolloids, vol. 32, pp. 35-41. ISSN: 0268005X. 2013.

WHISTLER, R. BEMILLER, J. PASCHALL, E. 1984. Starch: Chemistry and Technology. 2 ed. Orlando, Florida, Estados Unidos de América. Academic Press. 718 pp.

**ANEXO A
OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN DE OCA**



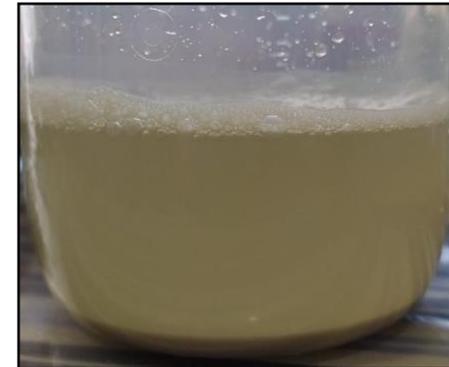
a)



b)



c)



d)

NOTAS:	CATEGORÍA DIAGRAMA:	DEL	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Melissa Michelle Pastuizaca Castro </p>	OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN DE YUCA Y OCA						
				<input type="checkbox"/> Aprobado Preliminar	<input type="checkbox"/> Por aprobar	<input type="checkbox"/> Información	<input type="checkbox"/> Por calificar	LÁMINA	ESCALA	FECHA
				<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por aprobar	<input type="checkbox"/> Información	<input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	1	1:1	03/11/2020

CONTINUACIÓN ANEXO A



e)



f)



g)



h)

NOTAS: e) Secado del almidón de oca f) Almidón de oca seco g) Secado del almidón de yuca h) Almidón de yuca seco	CATEGORÍA DIAGRAMA: <input type="checkbox"/> Aprobado Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado aprobar <input type="checkbox"/> Información Por calificar	DEL <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Por <input checked="" type="checkbox"/>	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Melissa Michelle Pastuizaca Castro	OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN DE YUCA Y OCA		
				LÁMINA	ESCALA	FECHA
				2	1:1	03/11/2020

ANEXO B

OBTENCIÓN DEL RENDIMIENTO DEL ALMIDÓN DE OCA



a)



b)



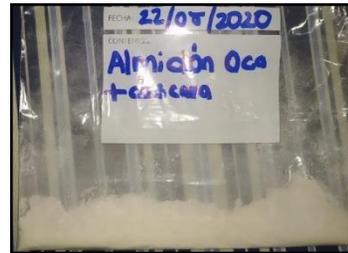
c)



d)



e)



f)

NOTAS:

- a) Pesado de la oca
- b) Lavado de la oca
- c) Licuado de la oca
- d) Decantación
- e) Almidón de oca seco
- f) Almidón de oca para posterior análisis

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- Aprobado
- Certificado
- Información
- Preliminar
- Por aprobar
- Por calificar

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

ELABORADO POR:
Melissa Michelle Pastuizaca Castro

OBTENCIÓN DEL RENDIMIENTO DEL ALMIDÓN DE OCA

LÁMINA	ESCALA	FECHA
3	1:1	03/11/2020

ANEXO C
ANÁLISIS FISCOQUÍMICO DEL ALMIDÓN DE YUCA Y OCA



a)



b)



c)



d)



e)



f)



g)



h)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	<p align="center">ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p align="center">ELABORADO POR: Melissa Michelle Pastuizaca Castro</p>	ANÁLISIS FISCOQUÍMICO DEL ALMIDÓN DE YUCA Y OCA								
a) Prueba de densidad aparente b) Prueba de humedad de los almidones c) Prueba de ceniza de los almidones d) Prueba de solubilidad presencia de opalescencia e) Medición de pH de la prueba de solubilidad	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		<table border="1"> <tr> <th>LÁMINA</th> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> </tr> <tr> <td align="center">4</td> <td align="center">1:1</td> <td align="center">03/11/2020</td> </tr> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	4	1:1	03/11/2020		
LÁMINA	ESCALA		FECHA								
4	1:1	03/11/2020									

CONTINUACIÓN ANEXO C



i)



j)



k)



l)



m)

NOTAS:

- f) Prueba de pH
- g) Medición de pH
- h) Medida de temperatura de gelatinización
- i) Prueba de temperatura de gelatinización
- j) Prueba de tamaño de gránulo
- k) Prueba de sensibilidad del almidón de yuca y oca
- l) Prueba de sensibilidad del almidón de yuca y oca
- m) Prueba de tamaño de gránulo

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- Aprobado
- Preliminar
- Certificado
- Por aprobar
- Información
- Por calificar

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

ELABORADO POR:
Melissa Michelle Pastuizaca Castro

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL ALMIDÓN DE YUCA Y OCA

LÁMINA	ESCALA	FECHA
5	1:1	03/11/2020

ANEXO D

ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICO DE YUCA Y OCA



a)



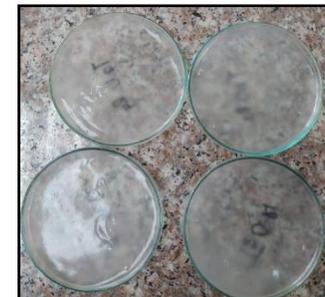
b)



c)



d)



e)



f)

NOTAS:

- a) Peso de almidón
- b) Materiales y concentraciones para la elaboración de bioplástico
- c) Agitación de muestra a 400rpm
- d) Medida de temperatura
- e) Vertido de muestra de yuca en cajas petri
- f) Vertido de muestra de oca en cajas petri

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- | | |
|--------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Aprobado | <input type="checkbox"/> Preliminar |
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por aprobar |
| <input type="checkbox"/> Información | <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar |

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
 DE CHIMBORAZO
 FACULTAD DE CIENCIAS
 ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**
 ELABORADO POR:
 Melissa Michelle Pastuizaca Castro

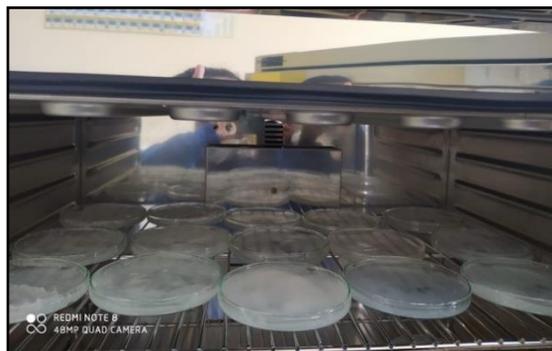
**ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL
 ALMIDÓN DE YUCA Y OCA**

LÁMINA	ESCALA	FECHA
6	1:1	03/11/2020

ACONTINUACIÓN- ANEXO D



g)



h)



i)

NOTAS:

- g) Vertido en molde de vidrio
- h) Secado de muestra en estufa para cajas petri
- i) Secado de muestra de bioplástico de oca al ambiente

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- | | |
|--------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Aprobado | <input type="checkbox"/> Preliminar |
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por aprobar |
| <input type="checkbox"/> Información | <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar |

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

ELABORADO POR:
Melissa Michelle Pastuizaca Castro

**ANÁLISIS FISIQUÍMICO DEL
ALMIDÓN DE YUCA Y OCA**

LÁMINA	ESCALA	FECHA
7	1:1	03/11/2020

ACONTINUACIÓN- ANEXO D



k)



l)

NOTAS:

- j) Bioplástico obtenido de oca
- k) Bioplástico obtenido de yuca

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- Aprobado
- Certificado
- Información
- Preliminar
- Por aprobar
- Por calificar

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**
ELABORADO POR:
Melissa Michelle Pastuizaca Castro

**ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL
ALMIDÓN DE YUCA Y OCA**

LÁMINA	ESCALA	FECHA
8	1:1	03/11/2020

ANEXO E

ENSAYOS PARA EL BIOPLÁSTICO DE YUCA Y OCA



a)



b)



c)



d)



e)



f)



g)

NOTAS:

a, b, c) Ensayo de humedad para el bioplástico

d, e, f) Ensayo de solubilidad para el bioplástico

g) Ensayo de permeabilidad al vapor para el bioplástico primer día

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- | | |
|--------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Aprobado | <input type="checkbox"/> Preliminar |
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por aprobar |
| <input type="checkbox"/> Información | <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar |

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

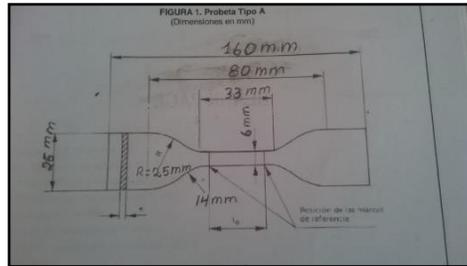
ELABORADO POR:
Melissa Michelle Pastuizaca Castro

**ENSAYOS PARA EL BIOPLÁSTICO
DE YUCA Y OCA**

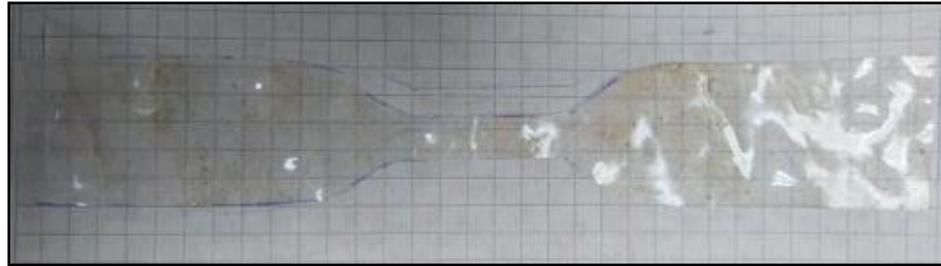
LÁMINA	ESCALA	FECHA
9	1:1	03/11/2020

ANEXO F

PRUEBAS DE MECÁNICAS DE TRACCIÓN



a)



b)



c)



d)

NOTAS:

- a) Probeta tipo A
- b) Probeta diseñada en el bioplástico
- c) Prueba mecánica de la Oca
- d) Prueba mecánica de la yuca

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- | | |
|--------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Aprobado | <input type="checkbox"/> Preliminar |
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por aprobar |
| <input type="checkbox"/> Información | <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar |

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
 DE CHIMBORAZO
 FACULTAD DE CIENCIAS
 ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**
 ELABORADO POR:
 Melissa Michelle Pastuizaca Castro

PRUEBAS DE MECÁNICAS DE TRACCIÓN

LÁMINA	ESCALA	FECHA
10	1:1	03/11/2020

ANEXO G

PRUEBA DE AMILOSA

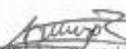
	INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS <small>Panamericana Sur Km. 1, Cuzalagala Tfs. 2990991-3007134, Fax 3007134 Casilla postal 17-01-940</small>	
---	--	---

NOMBRE PETICIONARIO: Srta. Melissa Pastuzaca DIRECCION: Orellana FECHA DE EMISION: 3 de Septiembre de 2020 FECHA DE ANALISIS: Del 21 al 31 de Agosto	INFORME DE ENSAYO No: 20-076	INSTITUCION: Particular ATENCION: Srta. Melissa Pastuzaca FECHA DE RECEPCION: 21/08/2020 HORA DE RECEPCION: 9:30:00 ANALISIS SOLICITADO: Amilosa
---	-------------------------------------	---

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA ¹				IDENTIFICACIÓN
METODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04				
METODO REF.	U. FLORIDA 1979	Morrison y Laignelet 1983				
UNIDAD	%	%				
20-0434	10,39	36,66				Almidón de Yuca
20-0435	11,85	33,09				Almidón de Oca

Los ensayos marcados con se reportan en base seca.
 OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

RESPONSABLES DEL INFORME


Dr. MSc. Ivan Samaniego
 RESPONSABLE TECNICO




Ing. Bladimir Ortiz
 RESPONSABLE DE 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.

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este como electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

a)

NOTAS: a) Resultados de amilosa	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA: <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Melissa Michelle Pastuzaca Castro	PRUEBA DE AMILOSA <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 25%;">LÁMINA</th> <th style="width: 25%;">ESCALA</th> <th style="width: 25%;">FECHA</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">11</td> <td style="text-align: center;">1:1</td> <td style="text-align: center;">03/11/2020</td> </tr> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	11	1:1	03/11/2020
LÁMINA	ESCALA	FECHA							
11	1:1	03/11/2020							

ANEXO H
RESULTADOS DE TRACCIÓN



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 01	
SOLICITADO POR:	Melisa Pastaza
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE LA OCA (OYALES TUBEROSA) Y DE LA YUCA (MANIHOT ESCULENTA) PARA LA UTILIZACIÓN COMO ENVOLTURA DE ALIMENTOS"
DIRECCIÓN:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2020 - 08
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2835.012
FECHA DE ENSAYO:	28-ago-20
EQUIPO UTILIZADO: MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-2016500064 CÓD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	TI-OCA
CARACTERÍSTICA	LÁMINA TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.26
ANCHURA [mm]	8.00
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	2.08
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	1.651.E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	0.69
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0.33
CARGA MAXIMA [N]	0.90
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0.43
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	33.62
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
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



INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 1B - 1	
N° 02	
SOLICITADO POR:	Melina Pazmiaca
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE LA OCA (OYALIS TUBEROSA) Y DE LA YUCA (MANIHOT ESCULENTA) PARA LA UTILIZACIÓN COMO ENVOLTURA DE ALIMENTOS"
DIRECCIÓN:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2020 - 08
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635.012
FECHA DE ENSAYO:	28-ago-20
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW00B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-201650064 Cód IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	TI-OCA
CARACTERÍSTICA	LÁMINA TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.27
ANCHURA [mm]	7.90
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	2.13
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	3.252.E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	1.13
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0.53
CARGA MAXIMA [N]	1.48
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0.69
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	30.60
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.

5/1

A continuación, ANEXO H



INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 03	
SOLICITADO POR:	Melissa Pastuzma
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE LA OCA (OYALIS TUBEROSA) Y DE LA YUCA (MANIHOT ESCULENTA) PARA LA UTILIZACIÓN COMO ENVOLTURA DE ALIMENTOS"
DIRECCIÓN:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2020 - 08
NORMA UTILIZADA:	NTE ENEN 2635.012
FECHA DE ENSAYO:	28-ago-20
EQUIPO UTILIZADO:	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW500B
MARCA:	JENAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-F-201650064
CÓD IDENT:	M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	TI-YUCA
CARACTERÍSTICA	LÁMINA TRANSPARENTE
ESPEJOR [mm]	0.28
ANCHURA [mm]	7.70
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	2.16
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	5.188E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	2.37
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.10
CARGA MAXIMA [N]	3.11
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	1.44
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	60.00
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:

LenMay
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES
ESPOCH - Ecuador
Ing. Anibal Viñán B. MsC.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

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

1/1

A continuación, ANEXO H



INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 04	
SOLICITADO POR:	Médicas Pastizaca
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCION DE UNA BIOPELICULA A PARTIR DE LA OCA (OYALIS TUBEROSA) Y DE LA YUCA (MANIHOT ESCULENTA) PARA LA UTILIZACION COMO ENVOLTURA DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUIMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLASTICO
MATERIAL:	LAMINA DE PLASTICO
FECHA DE FABRICACION:	2020 - 08
NORMA UTILIZADA:	NTE (NEN 2635:012)
FECHA DE ENSAYO:	28-ago-20
EQUIPO UTILIZADO: MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW500B	
MARCA: JENAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-2016300064D CÓD IDENT: MJ
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	TI-YUCA
CARACTERÍSTICA	LÁMINA TRANSPARENTE
ESFESOR [mm]	0.31
ANCHURA [mm]	8.80
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	2.73
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	6.721.E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	2.21
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0.81
CARGA MAXIMA [N]	3.38
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	1.24
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	30.30
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán 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

A continuación, ANEXO H

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG-18 - 1	
N° 05	
SOLICITADO POR:	Mejora Pastizaca
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE LA OCA (DYALIS TUBEROSA) Y DE LA YUCA (MANIHOT ESCULENTA) PARA LA UTILIZACIÓN COMO ENVOLTURA DE ALIMENTOS"
DIRECCIÓN:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLASTICO
MATERIAL:	LAMINA DE PLASTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2020 - 08
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	28-ago-20
EQUIPO UTILIZADO: MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7176	CERTIFICADO: LNM-F-201650064 Cód IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	T4-OCA
CARACTERÍSTICA	LÁMINA TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.33
ANCHURA [mm]	8.00
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	2.64
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	2.245.E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	4.17
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.58
CARGA MAXIMA [N]	4.99
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	1.89
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	16.57
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:


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

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

1/1

A continuación, ANEXO H



INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 06	
SOLICITADO POR:	Melissa Pastizaca
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN DE UNA BIOPÉLICULA A PARTIR DE LA OCA (OYALIS TUBEROSA) Y DE LA YUCA (MANIHOT ESCULENTA) PARA LA UTILIZACIÓN COMO ENVOLTURA DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLASTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2020 - 08
NORMA UTILIZADA:	NTE ENEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	28-ago-20
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW900B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-201650064E CÓD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL:	T4-OCA
CARACTERÍSTICA:	LÁMINA TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.33
ANCHURA [mm]	8.40
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	2.77
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	2.373.E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	6.51
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	2.35
CARGA MAXIMA [N]	9.08
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	3.28
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	26.24
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán 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

A continuación, ANEXO H



INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 07	
SOLICITADO POR:	Melissa Pastizaca
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN DE UNA BIOPELICULA A PARTIR DE LA OCA (OYALIS TUBEROSA) Y DE LA YUCA (MANIHOT ESCULENTA) PARA LA UTILIZACIÓN COMO ENVOLTURA DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCHI - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2020 - 08
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2633-012
FECHA DE ENSAYO:	28-ago-20
EQUIPO UTILIZADO:	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW605B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-F-2016505064
CÓD IDENT:	ME
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	T4-YUCA
CARACTERÍSTICA	LÁMINA TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.3
ANCHURA [mm]	7.90
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	2.37
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	5.904 E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	1.97
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0.83
CARGA MAXIMA [N]	2.80
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	1.18
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	33.91
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



Ing. Anibal Viñán 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.

A continuación, ANEXO H



INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 08	
SOLICITADO POR:	Melina Pastiraca
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN DE UNA BIOPELICULA A PARTIR DE LA OCA (OYALIS TUBEROSA) Y DE LA YUCA (MANIHOT ESCULENTA) PARA LA UTILIZACION COMO ENVOLTURA DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLASTICO
MATERIAL:	LAMINA DE PLASTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2020 - 08
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635-012
FECHA DE ENSAYO:	28-ago-20
EQUIPO UTILIZADO:	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW000B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-F-2016500564I
CÓD IDENT:	M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL:	T4-YUCA
CARACTERÍSTICA:	LÁMINA TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.32
ANCHURA [mm]	7.60
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	2.43
MÓDULO DE ELASTICIDAD [MPa]	6.589 E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	1.61
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0.66
CARGA MÁXIMA [N]	1.84
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	0.76
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	18.44
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:

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

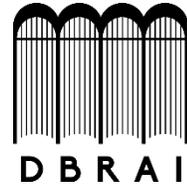
Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de este documento.

1/1



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS PARA EL
APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 10 / 11 / 2020

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Melissa Michelle Pastuizaca Castro
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniera Química
f. Analista de Biblioteca responsable: Lic. Luis Caminos Vargas Mgs.



Firmado electrónicamente por:

LUIS ALBERTO CAMINOS VARGAS



0295-DBRAI-UPT-2020