



Universidad Nacional Autónoma de Chota

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Unidad de Investigación

RESOLUCIÓN DE COORDINACIÓN N° 001-2024-FCA/UNACH

“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, **hace constar** que la tesis de investigación Titulada “**Elaboración de contenedores para alimentos a partir de almidones nativos de papa (*solanum tuberosum* subsp), oca (*oxalis tuberosa* molina) y arracacha (*arracacia xanthorrhiza* bancroft)**”; desarrollada por el Bachiller **Elmer Diaz Diaz** de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, asesorado por el Dr. **Thony Arce Saavedra** y coasesorado por el Ph.D. **Frank Fluker Velásquez Barreto**; presenta un **ÍNDICE DE SIMILITUD DEL 20%**, sin incluir bibliografía; por lo tanto, cumple con el criterio de evaluación de originalidad establecido en el REGLAMENTO DE GRADOS Y TÍTULOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA aprobado mediante RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA N°120-2022-UNACH.

Se expide la presente, a petición de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

Chota, 09 de enero de 2025.

Atentamente

M. Sc. Rubén Iván Marchena Chanduvi
Director de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ciencias Agrarias

RIMCH/DUIFCA
Interesado
AFCA
Archivo
Chota 2025

CO-01-2024-UIFCA-UNACH

Correo: investigacionfca@unach.edu.pe

Elmer DIAZ DIAZ

IT-CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD-UIFCA



INFORME DE TESIS 2024



PROYECTOS Y TESIS 2024



Universidad Nacional Autonoma de Chota

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::1:3126495898

Fecha de entrega

9 ene 2025, 7:18 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

9 ene 2025, 7:20 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

Elmer_Diaz_Diaz_INFORME_DE_TESIS_FINAL_-_T.docx

Tamaño de archivo

4.4 MB

62 Páginas

9,362 Palabras

50,658 Caracteres




20% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

▶ Bibliografía

Fuentes principales

- 17%  Fuentes de Internet
- 4%  Publicaciones
- 7%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 17% Fuentes de Internet
- 4% Publicaciones
- 7% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	revistas.unsm.edu.pe	3%
2	Internet	www.dspace.unitru.edu.pe	2%
3	Internet	www.scielo.org.pe	2%
4	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Santa María	1%
5	Internet	dspace.esPOCH.edu.ec	1%
6	Internet	repositorio.unamba.edu.pe	1%
7	Internet	core.ac.uk	1%
8	Internet	www.coursehero.com	1%
9	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo	1%
10	Internet	repositorio.espam.edu.ec	1%
11	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Autónoma de Chota	0%

12	Trabajos del estudiante Consortio CIXUG	0%
13	Trabajos del estudiante Universidade Estadual de Campinas	0%
14	Trabajos del estudiante Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez	0%
15	Internet es.scribd.com	0%
16	Internet patents.google.com	0%
17	Internet es.slideshare.net	0%
18	Internet repositorio.unajma.edu.pe	0%
19	Internet ciencia.lasalle.edu.co	0%
20	Internet repositorio.unu.edu.pe	0%
21	Internet 1library.co	0%
22	Internet repositorio.unap.edu.pe	0%
23	Publicación Yi Chang, Zhiyuan Ling, Yi Li, Xing Hu. "Hydrothermal synthesis of aluminum oxy-...	0%
24	Internet www.researchgate.net	0%
25	Internet tesis.ipn.mx	0%

26	Internet	repositorio.uach.mx	0%
27	Internet	repositorio.upt.edu.pe	0%
28	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional del Centro del Peru	0%
29	Internet	repositorio.uancv.edu.pe	0%
30	Internet	repositorio.upse.edu.ec	0%
31	Publicación	Chavez Galvez, Zandy Murata Shinke, Carmen Rosa Uehara Shiroma, Ana Mirella...	0%
32	Publicación	Amilcar Bernardino Racancoj Alonzo. "Eficiencia de la semilla de durazno Prunus ...	0%
33	Trabajos del estudiante	Fundaci3n Universitaria Cat3lica del Norte	0%
34	Trabajos del estudiante	Universidad Francisco de Vitoria	0%
35	Internet	repositorio.uss.edu.pe	0%
36	Internet	repository.pedagogica.edu.co	0%
37	Internet	apirepositorio.unh.edu.pe	0%
38	Internet	ciao.hwslabs.vmware.com	0%
39	Internet	repositorio.undac.edu.pe	0%

40	Internet	macroregionsurdelperu.blogspot.com	0%
41	Internet	medicinadelnuevomilenio.blogspot.com	0%
42	Internet	repositorio.unas.edu.pe	0%
43	Internet	srec.cancilleria.gob.ni	0%
44	Internet	www.ni.com	0%
45	Internet	dspace.unitru.edu.pe	0%
46	Internet	pesquisa.bvsalud.org	0%
47	Internet	purace.unicauca.edu.co	0%
48	Internet	repositorio.unsm.edu.pe	0%
49	Internet	www.tdx.cat	0%
50	Publicación	Harrison de la Rosa Ramírez. "Desarrollo de formulaciones de ácido poliláctico (P...	0%
51	Publicación	María del Carmen Cuevas-Díaz, Ángeles Martínez-Toledo, Oswaldo Guzmán-López...	0%
52	Trabajos del estudiante	Universidad San Ignacio de Loyola	0%
53	Internet	qa1.scielo.br	0%

54	Internet	repositorio.unach.edu.pe	0%
55	Internet	romanosxii.galeon.com	0%
56	Publicación	Canelo Marruffo, Veronica Olivia. "Planeamiento Estrategico de la Papa.", Pontific...	0%
57	Internet	hdl.handle.net	0%

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



ELABORACIÓN DE CONTENEDORES PARA ALIMENTOS A PARTIR DE ALMIDONES
NATIVOS DE PAPA (*Solanum tuberosum* Subsp), OCA (*Oxalis tuberosa* Molina) Y
ARRACACHA (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft)

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

AUTOR

Br. ELMER DIAZ DIAZ

ASESOR

Dr. THONY ARCE SAAVEDRA

COASESOR

Ph.D. FRANK FLUKER VELÁSQUEZ BARRETO


Prof. Dr. Thony Arce Saavedra
DACTA/FCA/UNACH

CHOTA-PERÚ

2024





Anexo 01:

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

REG. N° 003-2025-FCA

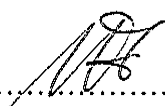
Siendo las 15 horas, del día 06 de enero del 2025, los miembros del Jurado de Tesis titulada: “Elaboración de contenedores para alimentos a partir de almidones nativos de papa (*Solanum tuberosum* subsp), oca (*Oxalis tuberosa* Molina) y arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft.)”, integrado por:


1. Mg. Martin Díaz Torres-**Presidente**
2. Dr. Augusto Antonio Mechato Anastasio-**Secretario**
3. Dra. Melina Luz Mary Cruzado Bravo-**Vocal**

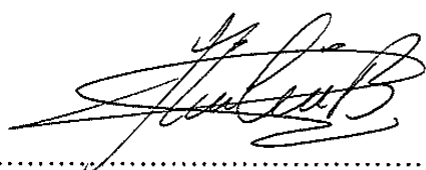
Sustentada de manera presencial por el Bachiller Elmer Diaz Diaz, con la finalidad de obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del Jurado y las respuestas otorgadas por el graduando, luego de deliberar, acuerda **Aprobar** la tesis, calificándola con la nota de TRECE (13), se eleva la presente Acta al Coordinador de la Facultad de Ciencias Agrarias, a fin de que se le declare EXPEDITO para conferirle el correspondiente título profesional

Colpa Huacaris, 06 de enero del 2025


.....
Mg. Martin Díaz Torres
Presidente


.....
Dr. Augusto Antonio Machato Anastasio
Secretario


.....
Dra. Melina Luz Mary Cruzado Bravo
Vocal

DEDICATORIA

A mi familia, por su amor incondicional y su constante apoyo a lo largo de este arduo proceso. Su aliento y comprensión han sido mi mayor fortaleza en cada etapa de esta investigación.

A los profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial que han compartido su conocimiento y experiencia conmigo durante mi trayectoria académica, sus enseñanzas han sido un pilar fundamental en mi desarrollo profesional.

Por último, dedico este trabajo a mí mismo, como testimonio de mi perseverancia, dedicación y pasión por la investigación, siendo este logro el resultado de mucho esfuerzo y determinación, y enorgullece compartirlo con todos aquellos que han sido parte de mi camino.

Agradezco a todas las personas que, de alguna manera, han contribuido a la realización de esta tesis, ya sea con su colaboración, comentarios o apoyo moral. Sin su valiosa contribución, este logro no hubiera sido posible.

Esta dedicatoria es una muestra genuina de mi gratitud y reconocimiento hacia todos aquellos que han dejado una huella en mi vida académica y personal.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a la Universidad Nacional Autónoma de Chota por acogerme en sus aulas, además quisiera expresar mi agradecimiento a todos los que me apoyaron en la creación de este trabajo. En primer lugar, quisiera agradecer a mi asesor, el Dr. Thony Arce Saavedra por su experta orientación y valiosos consejos durante todo el proceso de investigación. Su dedicación y compromiso son la base del éxito de este trabajo.

También quiero agradecer a mi coasesor, Ph D. Frank Fluker Velásquez Barreto, por su apoyo y contribuciones significativas en el desarrollo de esta tesis. Sus comentarios y sugerencias fueron de gran ayuda para mejorar la calidad del trabajo.

Además, quiero reconocer el apoyo del personal académico de la Facultad de Ciencias Agrarias, así como del personal técnico de la Universidad Nacional de Trujillo, por su asistencia en la recopilación de datos y en la realización de experimentos fue fundamental para obtener resultados precisos y confiables.

No puedo dejar de mencionar la ayuda brindada por mi familia y amigos. Su constante apoyo emocional en los momentos más desafiantes.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Planteamiento del problema	12
1.2. Formulación del problema.....	13
1.3. Justificación.....	13
1.4. Objetivos.....	14
<i>1.4.1. Objetivo general</i>	<i>14</i>
<i>1.4.2. Objetivos específicos</i>	<i>14</i>
II. MARCO TEÓRICO	15
2.1. Antecedentes.....	15
2.2. Bases teórico – científicas.....	17
<i>2.2.1. Papa (Solanum tuberosum Subsp.).....</i>	<i>18</i>
<i>2.2.2. Oca (Oxalis tuberosa Molina.)</i>	<i>19</i>
<i>2.2.3. Arracacha (Arracacia xanthorrhiza Bancroft.).....</i>	<i>21</i>
<i>2.2.4. Fibra de tallo de maíz (panca).....</i>	<i>22</i>
<i>2.2.5. Almidón</i>	<i>23</i>
<i>2.2.6. Contenedor o envase</i>	<i>27</i>
<i>2.2.7. Contenedor biodegradable</i>	<i>27</i>
<i>2.2.8. Proceso de elaboración de contenedores.....</i>	<i>28</i>

	6
2.2.9. <i>Propiedades de los contenedores</i>	29
2.3. Marco conceptual	30
2.3.1. <i>Polímero</i>	31
2.3.2. <i>Biodegradable</i>	31
2.3.3. <i>Cristalización</i>	31
2.3.4. <i>Residuos agroindustriales</i>	31
2.3.5. <i>Fibra</i>	31
2.4. Hipótesis	31
2.5. Operacionalización de variables	32
III. MARCO METODOLÓGICO	33
3.1. Tipo y nivel de investigación	33
3.2. Diseño de investigación	33
3.2.1. <i>Esquema experimental</i>	33
3.3. Métodos de investigación	33
3.4. Población, muestra y muestreo	34
3.4.1. <i>Población</i>	34
3.4.2. <i>Muestra</i>	34
3.4.3. <i>Muestreo</i>	34
3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	34
3.5.1. <i>Instrumentos para la recolección de datos</i>	35

	7
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	36
3.6.1. Análisis mecánicos	36
3.6.2. Análisis físicos.....	37
3.6.3. Análisis e interpretación de datos.....	37
3.7. Aspectos éticos	38
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
4.1. Descripción de Resultados	39
4.1.1. Extracción de Almidón de Solanum Tuberosum S, Oxalis Tuberosa M. y Arracacia Xanthorrhiza B.....	39
4.1.2. Elaboración de contenedores utilizando almidones de papa, oca y arracacha.	
39	
4.1.3. Evaluación de propiedades mecánicas.....	42
4.1.4. Evaluación de propiedades físicas.....	43
4.1. Contrastación de hipótesis	47
4.2. Discusión de resultados	47
4.2.4. Extracción de almidones de Solanum tuberosum S, Oxalis tuberosa M. y Arracacia xanthorrhiza B.....	47
4.2.5. Elaboración de contenedores utilizando almidones de papa, oca y arracacha	
47	
4.2.6. Evaluación de propiedades mecánicas.....	48
4.2.7. Evaluación de propiedades físicas.....	49

	8
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
5.1. Conclusiones.....	52
5.2. Recomendaciones.....	52
VI. REFERENCIAS	53
VII. ANEXOS	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Composición química de la papa</i>	19
Tabla 2 <i>Composición química de la oca</i>	21
Tabla 3 <i>Composición química de la arracacha</i>	23
Tabla 4 <i>Composición química del tallo de maíz</i>	25
Tabla 5 <i>Características de almidones comunes</i>	26
Tabla 6 <i>Lista de variables, indicadores</i>	34
Tabla 7 <i>Formulación de los contenedores</i>	35
Tabla 8 <i>Recolección de datos</i>	38
Tabla 9 <i>Corridas experimentales utilizando el diseño de dos factores</i>	42
Tabla 10 <i>Extracción del almidón de los tubérculos</i>	43
Tabla 11 <i>Comparación de contenedores en diferentes formulaciones</i>	45
Tabla 13 <i>Parámetros de color</i>	55
Tabla 14 <i>Análisis de varianza para la propiedad mecánica tensión</i>	65
Tabla 15 <i>Análisis de varianza para la propiedad mecánica elongación</i>	66
Tabla 16 <i>Análisis de varianza para la propiedad física color</i>	66
Tabla 17 <i>Análisis de varianza para la propiedad física espesor</i>	67
Tabla 18 <i>Análisis de varianza para la propiedad física densidad</i>	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Variedades de papa</i>	19
Figura 2 <i>Variedades de oca</i>	20
Figura 3 <i>Variedades de arracacha</i>	22
Figura 4 <i>Fibra de maíz</i>	23
Figura 5 <i>Estructura de la amilosa</i>	25
Figura 6 <i>Estructura de amilopectina</i>	25
Figura 7 <i>Esquema experimental</i>	33
Figura 8 <i>Fuerza de tensión</i>	42
Figura 9 <i>Porcentaje de elongación</i>	43
Figura 10 <i>Color diferencial</i>	44
Figura 11 <i>Densidad</i>	45
Figura 12 <i>Espesor</i>	46
Figura 13 <i>Recepción de materia prima</i>	72
Figura 14 <i>Triturado</i>	72
Figura 15 <i>Filtrado</i>	73
Figura 16 <i>Tamizado</i>	73
Figura 17 <i>Termoprenzado</i>	74
Figura 18 <i>Muestra 100% almidón de papa</i>	74
Figura 19 <i>Muestra 95/5 almidón de papa y fibra de maíz</i>	75
Figura 20 <i>Muestra 90/10 almidón de papa fibra de maíz</i>	75
Figura 21 <i>Muestra 85/15 almidón de papa y fibra de maíz</i>	76
Figura 22 <i>Muestra 100% de almidón de oca</i>	76
Figura 23 <i>Muestra 95/5 almidón de oca y fibra de maíz</i>	77
Figura 24 <i>Muestra 90/10 almidón de oca y fibra de maíz</i>	77
Figura 25 <i>Muestra 85/15 almidón de oca y fibra de maíz</i>	78
Figura 26 <i>Muestra 100% almidón de arracacha</i>	78
Figura 27 <i>Muestra 95/5 almidón de arracacha y fibra de maíz</i>	79
Figura 28 <i>Muestra 90/10 almidón de arracacha y fibra de maíz</i>	79
Figura 29 <i>Muestra 85/15 almidón de arracacha fibra de maíz</i>	80
Figura 30 <i>Calibración de equipo</i>	80
Figura 31 <i>Prueba de tensión y porcentaje de elongación</i>	81

RESUMEN

Los contenedores biodegradables buscan ser alternativas de solución a los problemas medioambientales originados por la acumulación de contenedores de plásticos de diversas aplicaciones. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar las propiedades físicas y mecánicas de contenedores elaborados a partir de almidones de papa (*Solanum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa* M.) y Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* B.). Para la elaboración de los contenedores se formularon tres mezclas base de almidón/fibra de tallo de maíz (95/5, 90/10 y 85/15). Los contenedores fueron evaluados en sus características físicas de color, espesor y densidad, y en sus propiedades mecánicas como resistencia a la tensión y porcentaje de elongación. El color diferencial resultó tener influencia de la harina de fibra de maíz reflejado en el ligero incremento de los componentes “a” (- 60 verde + 60 rojo) y componente “b” (- 60 azul + 60 amarillo) que mostraron que el color tiende a incrementarse a medida que se añade fibra. El contenedor que presentó mayor resistencia a la tensión y elongación, fue aquel que contiene almidón de papa y fibra en concentración de 90/10 teniendo como resultado 0,90 MPa y elongación 1,37 MPa. Estos resultados obtenidos podrían evidenciar la alternativa al uso de bandejas de espuma de poliestireno.

Palabras clave: Bandejas, propiedades físicas, propiedades mecánicas, almidones andinos

ABSTRACT

Biodegradable containers seek to be alternative solutions to the environmental problems caused by the accumulation of plastics. This work aimed to evaluate the physical and mechanical properties of containers made from potato, goose and arracacha starches. Three starch/fiber ratios were used (95/5, 90/10 and 85/15) and physical characteristics (color, thickness and density) and mechanical properties (tensile strength and percentage of elongation) were evaluated. The results showed that the treatments, the starch/corn fiber ratio with respect to color tend to increase in parallel as fiber is added, the one that presented the best expansion with fibers was 95/5 arracacha starch, the container that has the greatest resistance. To tension and elongation was potato starch and fiber in a concentration of 90/10, resulting in 0,90 MPa and elongation 1,37. These results obtained could show the alternative to the use of polystyrene foam trays.

Keywords: Trays, physical properties, mechanical properties, andean starches.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Los envases o contenedores elaborados a base de componentes sintéticos, los cuales se usan para contener ya sea alimentos líquidos o sólidos, frescos o procesados. Entre estos contenedores, se encuentran los envases de plástico de poliestireno que son fabricados a base de benceno y estireno, sustancias que son sospechosas de cancerígenas y que, consecuentemente pueden conllevar a riesgos a la salud humana (National Toxicology Program - NTP, 2008). Siendo así, el soporte científico se basa en estudios que señalan que las toxinas presentes en los envases de espuma de poliestireno pueden migrar a los alimentos y este riesgo aumenta cuando se recalienta los alimentos junto al recipiente (NTP, 2008). Sin embargo, debido a muchas ventajas como bajo costo, fácil procesamiento, amplia aplicabilidad, alta resistencia mecánica, durabilidad, peso ligero, impermeabilidad y buen aislamiento térmico. (Cabanillas et al., 2019) viene siendo usado de manera indiscriminada. Por lo demás, estos contenedores son de material hidrofóbico que evitan la rápida proliferación microbiana y tardan cientos de años en descomponerse, lo que hace que se acumule en la naturaleza y ocasione un gran problema ambiental (Ferreira et al., 2020).

Por otro lado, se evidencia que mediante estudios que utilizan biopolímeros como el almidón y la celulosa para producir contenedores biodegradables en la posibilidad de sustituir los contenedores convencionales, principalmente por su corto tiempo de degradación (Chaireh et al., 2020). En ese sentido, principalmente almidones comerciales de maíz y papa han sido empleados en la elaboración de contenedores biodegradables (López, 2011), camote, oca y arracacha (Espina et al., 2016; Hoyos et al., 2021), arroz (Llerena y Monzón, 2017) bagazo de caña y almidón de yuca (Barreiro y Coronel, 2019). Sin embargo, las utilidades en la elaboración de los

contenedores a partir de diversas fuentes de almidones exhiben diferentes propiedades estructurales y composición química, las cuales pueden representar diversas propiedades funcionales, propiedades reológicas, propiedades de textura y otras propiedades (Flores, 2004). Por ello, es importante complementar los estudios sobre la elaboración y caracterización de sus propiedades físicas y mecánicas de contenedores, a base de almidones nativos proveniente de raíces y tubérculos, de esta manera aprovechar los cultivos de la región andina como papa, oca y arracacha.

1.2. Formulación del problema

¿Es posible elaborar contenedores con propiedades físicas y mecánicas satisfactorias a partir de almidones de papa (*S. tuberosum*), oca (*O. tuberosa* M) y arracacha (*A. xanthorrhiza* B)?

1.3. Justificación

En el presente trabajo de investigación se elaboró contenedores para alimentos a partir de almidones nativos (papa, oca, arracacha). Los cuales buscan ser alternativas de solución a los problemas medioambientales originados por la acumulación de plásticos (Ruiz, 2005). El diseño del contenedor podría responder a las necesidades de uso para alimentos en diferentes estados o presentaciones (sopas, mermeladas, alimentos cocidos, verduras picadas, frutas frescas, etc.).

Consecuentemente, este estudio aporta conocimientos sobre la utilización de almidones nativos y fibra vegetal en la elaboración de contenedores biodegradables, como una alternativa al uso indiscriminado de contenedores de polímeros sintéticos y, a la vez, la posibilidad de generar una alternativa de uso industrial de los almidones nativos de la papa, oca y arracacha, así como la fibra seca del tallo de maíz.

La papa, oca y arracacha son tubérculos tradicionalmente utilizados en la alimentación doméstica, debido a su alto valor nutricional y versatilidad culinaria. Sin embargo, gracias a sus

propiedades fisicoquímicas, como el alto contenido de almidón, estos tubérculos pueden ser utilizados a gran escala en la producción de contenedores biodegradables.

Siendo así, la elaboración de contenedores biodegradables y la evaluación de sus propiedades contribuye a impulsar a través de la transferencia tecnológica, una producción industrial ecológica con el aprovechamiento de recursos (tubérculos nativos) y residuos agroindustriales (tallo de maíz) poco utilizados.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los contenedores elaborados a partir de almidones de papa (*S. tuberosum* S.), oca (*O. tuberosa* M.) y arracacha (*A. xanthorrhiza* B.)

1.4.2. Objetivos específicos

Extraer los almidones de *Solanum tuberosum* S., *Oxalis tuberosa* M. y *Arracacia xanthorrhiza* B.

Elaborar los contenedores utilizando proporciones de almidón/fibra de tallo de maíz (85/15, 90/10 y 95/5).

Evaluar las propiedades físicas (color, densidad y espesor) y mecánicas (resistencia a la tensión, porcentaje de elongación) de los contenedores.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Espina et al. (2016) evaluaron el efecto de fibras obtenidas de residuos agroindustriales en contenedores biodegradables. Esta investigación se realizó en la Universidad Nacional de Trujillo, Laboratorio de Procesos Agroindustriales bajo las condiciones de 145 °C, 60 bar y de 10 a 15 min de termoformado, elaborados a base de almidones de camote, oca y arracacha. Estos autores encontraron que el contenedor de almidón de camote y fibra de caña de azúcar al 15 %, y de almidón de arracacha y fibra de espárrago al 30 % mostraron mayor resistencia a la tensión. Los contenedores fueron finalmente caracterizados por su densidad, gramaje, ensayo de impacto, ensayos de tensión, colorimetría y sus valores de dureza y fracturabilidad. Por lo general, el aumento de fibra mejora la dureza de los contenedores, en cambio, la fracturabilidad se mantiene o disminuye.

Por otra parte, Llerena y Monzón (2017) elaboraron envases biodegradables de arroz quebrado, plumas de pollo y cáscaras de mango, y el trabajo de investigación se realizó en la Universidad Católica de Santa María – Arequipa, donde inicialmente se obtuvieron almidón y queratina. Los autores encontraron que la relación más adecuada para la obtención de envases, la proporción es 40 g de almidón y 4 mL de queratina. Luego procedieron a fortalecer la mezcla con diferentes cantidades de cáscara fresca de mango (5 g, 10 g y 20 g), de las cuales el envase óptimo resultó el que contenía 10 g de cáscara. A estos componentes básicos se agregaron glicerina, ácido acético y agua destilada, donde el primero desempeña una función de plastificante y los demás componentes admiten que se ocasione la hidrólisis ácida para atacar las ramificaciones de la amilopectina que se encuentran en el almidón. El envase fue caracterizado a través de las pruebas

de tracción, flexión y dureza. Los resultados reflejan que el bioplástico tiene un comportamiento flexible con mínima resistencia a la tracción, flexión elevada y una dureza media.

Así mismo, Barreiro y Coronel (2019) elaboraron contenedores biodegradables a partir de bagazo de caña y almidón de yuca, realizando diferentes formulaciones a partir de bagazo de caña (15 %, 25 % y 35 %) y almidón de yuca (15 %, 25 % y 35 %), fécula de maíz (15 %), resina (0,02 %) y agua (34 %). Para ello, los investigadores evaluaron propiedades mecánicas como el tiempo de degradación del contenedor, valor de deflexión, valor de dureza y valor de fracturabilidad; además, evaluaron el color como parte de las características sensoriales del contenedor. Ninguna de las propiedades mecánicas resultó con diferencias significativas ($p > 0,05$), sin embargo, el porcentaje de degradación evidenció como mejor tratamiento 25 % de bagazo de caña y 25 % almidón de yuca.

De igual modo, Hoyos et al. (2021) evaluaron el efecto de la proporción de fibras de hojas de hortalizas (plátano y achira) con almidón de oca, este trabajo de investigación se desarrolló en la Universidad Nacional de Trujillo, sobre las propiedades físicas y mecánicas de envases biodegradables elaboradas mediante el proceso de termoformado. Se utilizaron 3 proporciones de fibra natural (2,5 %, 5 % y 7,5 %) con un tamaño entre 53 μm - 75 μm . Además, se evaluaron las propiedades físicas (color, espesor, densidad, humedad y absorción de agua), mecánicas (resistencia a la tensión, elongación y perforación) y espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR) de los envases. Los resultados mostraron que a medida que aumentaba la concentración de fibra, aumentaba la capacidad de absorber agua, sin embargo, disminuían el contenido de humedad, la resistencia a la punción y la fractura. En general, la bandeja con 2,5 % de fibra de hoja de plátano obtuvo los mejores resultados con un valor de 20,006 N.

De manera semejante, Kaisangsri et al. (2012) elaboraron contenedores biodegradables a partir de almidón de yuca mezclado con los polímeros naturales de fibra y quitosano. Este trabajo de investigación se realizó en los ambientes Escuela de Biorecursos y Tecnología de la Universidad de Tecnología del Rey – Tailandia. La formulación adecuada fue producida con almidón de yuca con 30 % de fibra kraft y 4 % de quitosano, presentando una densidad de $0,14 \text{ g/cm}^3$, resistencia a la tensión de 944,40 kPa y elongación de 2,43 %. Sin embargo, el índice de absorción de agua y la solubilidad fueron mayores cuando comparadas a los contenedores con otras proporciones.

Mientras tanto, Cruz (2021) evaluó el efecto de la proporción de almidón y fibra (0 % -20 % p/p, tamaño de fibra entre 53 – 75 μm) obtenidos del pseudotallo de banano (*Musa acuminata*) en diversas propiedades de contenedores biodegradables. El trabajo de investigación se desarrolló en la Universidad Nacional de Trujillo. Los contenedores fueron termoformados usando glicerol como plastificante, y posteriormente fueron realizados análisis de microestructura, propiedades físicas (color, espesor, densidad, humedad y absorción de agua), mecánicas (resistencia a la tensión y elongación) y térmicas (análisis termogravimétrico). A mayor adición de fibra resultaron contenedores más oscuros, con menos porosidad y humedad. En conclusión, el contenedor compuesto de 10 % fibra (90/10) presentó mejores propiedades, es decir, humedad (9,9 %), capacidad de absorción de agua (WAC) inferior (34 % menos que el contenedor control), mayor resistencia a la tensión (1,047 MPa) y aumento de la elongación en 15 % y mejor estabilidad térmica comparada con el contenedor control (100/0).

2.2. Bases teórico – científicas

A continuación, se detalla las bases teórico científicas que contextualizan el presente trabajo de investigación.

2.2.1. *Papa (Solanum tuberosum Subsp.)*

Desde el punto de vista de identificación botánica se presenta el origen, composición química y variedades de papa.

2.2.1.1. Origen. La papa es un tubérculo oriundo de la Cordillera de los Andes. Su domesticación y siembra se inició hace siglos en la cuenca del Lago Titicaca, situado entre Perú y Bolivia (Rios, 2007).

2.2.1.2. Composición química de la papa. En la estructura química de la papa destacan el contenido de humedad y almidón como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Composición química de la papa

Componentes	Promedio (%)	Variación (%)
Humedad	72,8	72,0 - 75,0
Almidón	18,3	16,0 – 20,0
Proteínas	2,3	2,0 - 2,5
Fibra	0,7	1,0 - 1,8
Ácidos grasos	0,1	0,0 - 0,15
Cenizas	1,1	1,0 – 5,0
Calcio	6,0	4,0 – 7,0
Hierro	0,4	0,1 – 1,5

Nota. obtenido de Rios (2007).

2.2.1.3. Variedades. Las papas son clasificadas como mejoradas o nativas. En las mejoradas se conocen: Canchán, Perricholi, Yungay, Andina, Amarilis, Tomasa Condemayta, Mariva, Cica, Serranita, Chucmarina entre otras. Las variedades nativas más comercializadas son: Huagalina, Peruanita, Amarilla Tumbay, Amarilla del Centro, Huamantanga y Compis. Agencia Agraria de Noticias (2020).

En la Figura 1 se muestra imágenes de las diversas variedades de papa producidas en el Perú.

Figura 1

Variedades de papa



Nota. Obtenido de Agencia Agraria de Noticias (2020).

2.2.2. Oca (*Oxalis tuberosa* Molina.)

Desde el punto de vista de identificación botánica se presenta el origen, composición química y variedades de oca.

2.2.2.1. Origen. El origen de las ocas proviene de la zona entre Puno y Cusco en el Perú, donde existen muchas variedades diferentes de ocas y cuya producción es generalmente mayor que en otras regiones alto andinas (Robles, 2016).

2.2.2.2. Composición química de la oca. En la estructura química de la oca destacan el alto contenido de humedad y el contenido de carbohidratos como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2*Composición química de la oca*

Componentes	Promedio (%)	Variación (%)
Humedad	83,8	77,0 – 90,0
Proteínas	1,0	0,0 – 2,5
Grasas	0,6	0,1 – 4,3
Almidón	13,8	7,0 – 23,8
Fibra	0,8	0,5 – 2
Cenizas	0,8	0,4 – 4,28
Calcio	4,0	2,7 – 17,8
Hierro	0,8	0,4 – 12, 8

Nota. Obtenido de Donoso y Villegas (2018).

2.2.2.3. Variedades. Según Oré (2015) se conocen al menos unas 50 variedades de oca (Figura 2), y se ha identificado tres clasificaciones básicas: alba, flava y púrpura a rosa negra:

- **Albas:** son conocidas como ocas de color blancas.
- **Flavas:** son conocidas como las ocas amarillas o anaranjadas.
- **Roseo violáceo:** son las ocas conocidas de color rosas claro, violeta muy oscuro hasta negro.

Figura 2*Variedades de oca*

Nota. Obtenido de Oré (2015).

2.2.3. *Arracacha (Arracacia xanthorrhiza Bancroft.)*

Desde el punto de vista de identificación botánica se procede a mostrar el origen, composición química y variedades de arracacha.

2.2.3.1. Origen. Aún se desconoce el origen de la arracacha, pero se puede suponer que procedían de América del Sur, entre Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia (Ventura, 2007).

2.2.3.2. Composición química. En la composición química de la arracacha destacan el contenido de humedad carbohidratos y almidones por encima de otros componentes como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3

Composición química de la arracacha

Componentes	Promedio (%)	Variación (%)
Sólidos totales	26,00	16,8 – 34,1
Carbohidratos	24,9	19,3 – 29,9
Almidón	23,5	16,9 – 25,5
Azúcares totales	1,66	0,65 – 1,98
Proteínas	0,96	0,60 – 1,85
Lípidos	0,26	0,19 – 0,35
Fibras	0,85	0,60 – 1,24

Nota. Obtenido de Narro (2021).

2.2.3.3. Variabilidad. En general, hay variedades hortícolas que se cree que se agrupan en tres variedades principales que difieren en la coloración de la superficie y/o la raíz de blanco, amarillo y púrpura, cuyo color está determinado por la cutícula teñida de las células de las raíces y cómo se relacionan los colores con las plantas. La correlación entre otros rasgos no está clara. La planta de arracacha amarilla es la más común y ampliamente cultivada porque es de alto rendimiento (Ventura, 2007).

Figura 3

Variedades de arracacha



Nota. Obtenido de Narro (2021).

2.2.4. Fibra de tallo de maíz (panca)

La fibra de maíz es un subproducto obtenido del procesamiento del maíz, específicamente de la parte de la planta que no se utiliza para la producción de granos. Esta fibra se compone principalmente de celulosa, hemicelulosa y lignina, lo que la convierte en un material fibroso y estructural. En la industria, la fibra de maíz se utiliza como en la alimentación animal. Además, la fibra de maíz es valorada por su capacidad para retener agua y su potencial como fuente de fibra dietética en productos alimenticios para humanos, contribuyendo a una dieta equilibrada (Vinuesa, 2020).

2.2.4.1. Composición Química. De los tallos de maíz destaca el contenido de holocelulosa y hemicelulosa por encima de otros componentes. como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4*Composición química del tallo de maíz*

Componente	Composición Química (%)
Cenizas	24,9
Celulosa	39,0
Holocelulosa	82,1
Hemicelulosa	42,0
Lignina	7,3
Humedad	7,3

Nota. Obtenida de Sawawi et al. (2013).**Figura 4***Fibra de maíz**Nota.* Obtenido de Sawawi et al. (2013).

2.2.5. Almidón

Es un carbohidrato de reserva sintetizado en plantas superiores y almacenado como fuente energética, es el segundo carbohidrato más grande del ecosistema (Tovar, 2008). La cantidad de almidón varía de acuerdo a la fuente de producción, siendo de mayor importancia los cereales

como trigo, arroz y maíz, que representan alrededor del 30 % al 80 % y las leguminosas como los frijoles, guisantes y las habas del 25 % al 80 % tubérculos como yuca y mandioca. Alrededor del 83 % (Hidalgo y Micho, 2014).

2.2.5.1. Gránulo de Almidón. Se organiza en partículas llamadas gránulos, cuya forma, estructura química y composición molecular son específicas de la especie. Cuando las partículas de almidón se extraen y se secan, se ven como un polvo blanco. Las partículas de almidón normalmente se forman de muchas capas, ubicadas alrededor del área central conocida como núcleo, los gránulos de almidón pueden resistir algunos esfuerzos mecánicos y son prácticamente insolubles en agua fría, está compuesto de un biopolímero (amilosa y amilopectina) que constituyen alrededor del 98 % a 99 % de peso en seco (Carrión, 2018). En la Tabla 5 se presenta las características fisicoquímicas de almidones desde fuentes diferentes.

Tabla 5

Características de almidones comunes

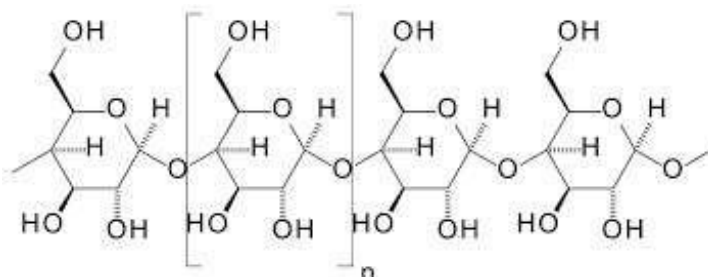
Tipo	Amilopectina %	Amilosa %	Tamaño (μ)
Maíz	73	23	5 – 25
Papa	78	22	5 – 100
Arroz	83	17	2 – 55
Yuca	83	18	5 – 35
Trigo	76	24	11 – 41
Oca	71	29	20 – 29
Mashua	73	27	5 – 10

Nota. Obtenido de Carrión (2018).

Amilosa. La amilosa se encuentra formado por polímeros lineales de D-glucopiranososa, unidos por enlaces α -(1-4), que constituyen el 99 % de su estructura, asimismo se muestra la existencia de enlaces moleculares α -(1-6). Las ramas son espaciadas e irregulares, lo que nos permite observar su comportamiento esencialmente lineal con una masa molecular de alrededor de 105 a 106 kDa (Hidalgo y Micho, 2014).

Figura 5

Estructura de la amilosa

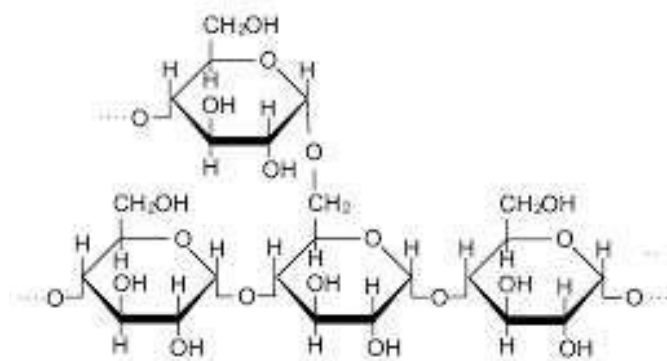


Nota. Obtenido de Hidalgo y Micho (2014).

Amylopectina. Elemento ramificado del almidón que se encuentra unido por cadenas de residuos de D-glucosa (Figura 5) entre 17 y 23 unidades formadas esencialmente por enlaces α -(1-4). Asimismo, tiene entre 5 % a 6 % de enlaces α -(1-6) en los lugares de ramificación. Dependiendo de su origen, la amylopectina es el elemento más importante de la mayoría de los almidones de 70 % a 80 % y en algunos casos llega al 99 % en forma de almidón ceroso. Por esta razón, la amylopectina es quizás el componente más importante del almidón (Canónico, 2003).

Figura 6

Estructura de amylopectina



Nota. Obtenido de Hidalgo y Micho (2014).

2.2.5.2. Contenido de humedad. Carrión (2018) menciona que el contenido de almidón seco se encuentra entre 6 % y 16 % dependiendo del proceso utilizado para secar el almidón. La alta humedad puede provocar el deterioro microbiano, lo que puede conducir a la pérdida de calidad. La mayoría de los países productores de almidón almacenan con un contenido máximo de humedad del 13 %.

2.2.5.3. Tipos de almidones. Básicamente existen dos clasificaciones para este producto, almidón nativo y almidón modificado.

Almidones nativos. No han sufrido ningún cambio durante su producción y pueden ser utilizados como aditivos o materias primas en procesos industriales, siendo abundantes, baratos y disponibles. Sin embargo, el almidón nativo también tiene desventajas, se ve fácilmente afectado por las condiciones de producción (Temperatura y pH) que limitan su uso industrial (Hidalgo y Micho, 2014).

Almidones modificados. Se han sometido a uno o varios tratamientos físicos, químicos o enzimáticos para acelerar la descomposición molecular, la desintegración de polímeros y el reordenamiento de moléculas, así como la oxidación o la adición de grupos químicos (Hidalgo y Micho, 2014).

2.2.5.4. Funcionalidades del almidón. Los almidones tienen propiedades limitadas porque son susceptibles a altas temperaturas, ácidos o pH extremos, y tienen poca resistencia a las altas tensiones de cizallamiento. En todos los casos anteriores, es necesario superar estas desventajas mediante alguna modificación física y/o química. En este sentido, el almidón modificado tiene una amplia gama de aplicaciones industriales. Estas aplicaciones incluyen el uso de almidón modificado en la industria alimentaria, así como aplicaciones no alimentarias, como las industrias textil, papelera y farmacéutica, particularmente en la industria de los plásticos

biodegradables, donde los cambios químicos de los almidones juegan un papel importante (Trujillo, 2014).

2.2.6. Contenedor o envase

De acuerdo con Ortuño (2013), un contenedor es un recipiente o material de empaque en el cual se envasa un producto para su comercialización, almacenamiento o transporte. Su función es conservar, almacenar, mantener y proteger el producto, y al mismo tiempo facilitar su manipulación, transporte y distribución.

2.2.7. Contenedor biodegradable

De acuerdo con Ortuño (2013) un contenedor cumple la misma función de proporcionar al consumidor alimentos envasados, pero al estar elaborado con ingredientes orgánicos (almidón/fibra) la biodegradación es más corta, razón por la que algunos consumidores optan por utilizar estos envases biodegradables.

2.2.7.1. Tipos. A continuación, se detalla los tipos de envases biodegradables las cuales se dividen en dos grandes grupos.

Ácido poliláctico (PLA). Resulta ser opción sostenible a los envases obtenidos de petróleo, porque funciona y se parece mucho al plástico (transparente), pero es completamente de origen vegetal. Procede de la fermentación de subproductos vegetales como la fécula de maíz, patata o arroz, así como de sustancias que contienen grandes cantidades de hidratos de carbono (Kandelin, 2019).

Ácido poliláctico cristalino (CPLA). Es un tipo de PLA con un proceso químico agregado en donde las partículas se cristalizan, creando un compuesto más resistente y estable a elevadas temperaturas. No obstante, tarda hasta 360 días en degradarse y, a diferencia del ácido poliláctico,

suele ser de coloración blanca o crema. A menudo se utiliza para crear productos reutilizables como tazas y platos (Gibson, 2017).

Estas sustancias formadoras de biopelículas no liberan sustancias nocivas al medio ambiente porque cuando se descomponen se convierten en CO₂ y H₂O, que son absorbidos por la atmósfera. Asimismo, se utilizan como compost porque en condiciones normales de compostaje se descomponen por completo en unas pocas semanas (Hernández, 2013).

2.2.8. *Proceso de elaboración de contenedores*

A continuación, se detalla los insumos requeridos para la elaboración de los contenedores y la función que cumplen.

2.2.8.1. Insumos y funciones

Glicerina. También conocido como glicerol (CHO), es un alcohol con tres grupos hidroxilo (-OH), es higroscópico, fácilmente soluble en agua y tiene un punto de ebullición de 290 °C. Es el plastificante más popular en la producción de envases biodegradables debido a su alta disponibilidad, bajo costo, compatibilidad con una amplia gama de materiales y proporciona una buena flexibilidad del envase sin reducir significativamente la resistencia a la tensión (Ballesteros et al., 2020).

Estearato de magnesio. Este es el resultado de la combinación de ácido esteárico e iones de magnesio. A juzgar por la etiqueta o código, se llama E-572. Se utiliza con el objetivo de facilitar la liberación de los contenedores del molde, después del prensado (Romero, 2019).

Agua destilada. El agua destilada no contiene impurezas e iones se utiliza a menudo como plastificante para lograr la disolución de polímeros solubles en agua. (García, 2017).

2.2.8.2. Proceso de elaboración. A continuación, se describe el proceso de elaboración de los contenedores.

Proceso de termoformado. El método de termoformado consiste en pre calentar la prensa y mantener a una temperatura superior a 145 °C en ambas placas. Entre las cuales se coloca la mezcla final de los componentes en la parte central de ambas. Ambas placas se cierran por medio de un sistema hidráulico para que posteriormente el formato pueda secar. El tiempo de secado va a depender del contenido de agua en la mezcla. (Romero, 2019).

2.2.9. Propiedades de los contenedores

2.2.9.1. Propiedades Mecánicas. Santiago (2015) menciona que las propiedades mecánicas de los contenedores biodegradables dependen del tipo de material utilizado y especialmente de su cohesión estructural.

Resistencia a la Tensión. Es la fuerza requerida para romper el contenedor por estiramiento. Esta propiedad es la resistencia mecánica del contenedor producida debido a las fuerzas de cohesión entre cadenas. La resistencia a la tracción denota la capacidad del contenedor para retener su integridad bajo la tensión durante el procesamiento, manejo y almacenamiento. Se expresa en MPa y se calcula como la carga máxima (F) dividida por el área de la sección transversal inicial (A) de la muestra (Santiago, 2015) (Ecuación 1).

$$\text{Resistencia a la tensión} = \frac{F}{A} \quad (\text{Ec. 1})$$

Porcentaje de elongación (%E). De acuerdo a Santiago (2015), el porcentaje de elongación indica el grado en el cual los contenedores puede estirarse antes de romperse. También, puede denominarse como la capacidad de un contenedor de extenderse antes de romperse. Se obtiene de la diferencia entre la longitud del contenedor de ensayo (L_f) y la longitud inicial del film (L_o) y se expresa en porcentaje (Ecuación 2).

$$(\% E) = \frac{L_f - L_o}{L_o} \quad (\text{Ec. 2})$$

2.2.9.2. Propiedades Físicas. Según Basiak et al. (2017), las propiedades físicas (color, masa, densidad, solubilidad, etc.) de un envase biodegradable se pueden medir u observar, y fundamentalmente depende de la estructura del material.

Color. El color del contenedor depende del tipo de polímero, tipo de fibra, tipo de plastificante, proceso de obtención del contenedor, etc. Basiak et al. (2017) mencionan que el color del contenedor es una característica importante para la aceptabilidad de los consumidores como material de empaque y que los contenedores con alto brillo y transparencia dan lugar a una buena presentación visual de los alimentos. Para determinar el color se utiliza la técnica CIELab y se incluyen los siguientes parámetros de color L^* (luminosidad), a^* (color rojo - verde), b^* (color amarillo - azul).

Densidad. Se define como una unidad de masa por volumen, calculada como la relación entre la masa base del material y el espesor, expresada en kg/m^3 o en g/cm^3 (Aguerre, 2018) (Ecuación 3).

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Gramaje} \left(\frac{\text{g}}{\text{m}^2}\right)}{\text{Espesor} (\mu\text{m})} * \left(\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} * \frac{1 \mu\text{m}}{10^{-6} \text{ m}}\right) \quad (\text{Ec. 3})$$

Espesor. Se define como la distancia entre las superficies de las placas en milímetros. Las condiciones ambientales tienen un impacto importante; cuando se mide en un ambiente muy húmedo, el valor puede aumentar hasta un 15 % en comparación con un ambiente muy seco, dependiendo de la composición de la fibra y el grado de refinamiento de la muestra corregida de celulosa que se esté midiendo. (Aguerre, 2018).

2.3. Marco conceptual

A continuación, se detalla el marco conceptual que permitirá contextualizar el trabajo de investigación.

2.3.1. Polímero

Los polímeros son moléculas muy grandes o macromoléculas compuestas de muchas unidades moleculares pequeñas o monómeros que se combinan repetidamente y se unen entre sí mediante enlaces covalentes formados en reacciones de polimerización. (Colina, 2019).

2.3.2. Biodegradable

Es un proceso en el que los materiales poliméricos se descomponen o reducen a pequeñas partículas o moléculas bajo la influencia de organismos o enzimas. (Colina, 2019).

2.3.3. Cristalización

Es un proceso químico agregado en donde las partículas se cristalizan, creando un compuesto más resistente y estable a elevadas temperaturas (Gibson, 2017).

2.3.4. Residuos agroindustriales

Los procesos productivos generan residuos o subproductos que normalmente no pueden aprovecharse como materias primas en la cadena de producción. (Rosas et al., 2016).

2.3.5. Fibra

Las fibras pueden ser definidas como materiales compuestos constituidos por fibrillas de celulosa, las cuales están compuestas a su vez por microfibrillas de celulosa dentro de una matriz amorfa de lignina y hemicelulosa (Jayaraman, 2003).

2.4. Hipótesis

Los contenedores elaborados a partir de almidones de papa (*S. tuberosum* S), oca (*O. tuberosa* M.) y arracacha (*A. xanthorrhiza* B.) presentarán diferencias en sus propiedades físicas y mecánicas.

2.5. Operacionalización de variables

A continuación, se presentan las variables operacionalizadas de la presente investigación que permitieron establecer el adecuado porcentaje de almidón como compuesto principal, lo cual fue identificado a través de los análisis.

Tabla 6

Lista de variables, indicadores

Variable independiente	Indicadores	Unidades
Tipo de almidón	Papa, oca y arracacha	Nominal
Porcentaje de almidón	85 %, 90 % y 95 %	%
Variables dependientes		
Propiedades mecánicas	Resistencia a la tensión	Mpa
	Porcentaje de elongación	%
Propiedades físicas	L*, a*, b*	Valores de color
	Espesor	mm
	Densidad	g/cm ³

A Continuación, se detalla la formulación a seguida en la elaboración de los contenedores

Tabla 7

Formulación de los contenedores

Formulación	Almidón (%)	Fibra (%)	Agua (mL)	Glicerina (mL)	Estearato de Mg (g)
F₁	95	5	95	5	2,5
F₂	90	10	95	5	2,5
F₃	85	15	95	5	2,5

III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel de investigación

La investigación es básica de nivel de explicativo porque busca conocer la potencialidad y proporcionalidad del uso de almidones nativos en la elaboración de contenedores biodegradables.

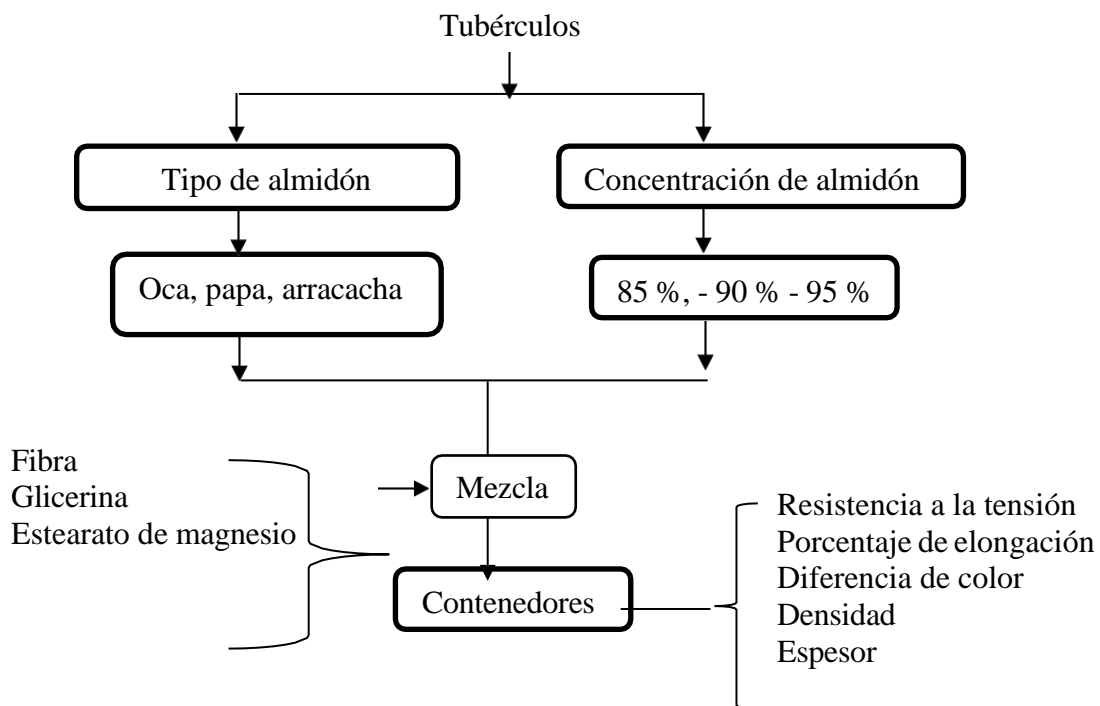
3.2. Diseño de investigación

El diseño investigación es experimental porque se realizaron ensayos para evaluar la proporcionalidad de almidón y fibra en la elaboración de los contenedores que respondan a buenas propiedades físicas y mecánicas.

3.2.1. Esquema experimental

Figura 1

Esquema experimental



3.3. Métodos de investigación

La presente investigación utilizó un método mixto, porque se estudió factores como tipos y proporciones de almidón y fibra, además, se recopilaron datos cuantitativos y cualitativos, que permitan estudiarla de forma más amplia y profunda la elaboración de contenedores biodegradables.

3.4. Población, muestra y muestreo

A continuación, se presenta la población, muestra y muestreo que permitió identificar las materias primas y cantidad a utilizada.

3.4.1. Población

Comprendió los siguientes tubérculos: papa variedad amarillis, oca variedad albas y arracachas variedad amarilla producidos en el centro poblado de Negropampa - Chota.

3.4.2. Muestra

Estuvo constituido aproximadamente por 20 kg de cada uno de los tubérculos (papa, oca y arracacha) obtenidos de centro poblado de Negropampa - Chota.

3.4.3. Muestreo

Se empleó un muestreo no probabilístico, del tipo muestreo por conveniencia, debido a la naturaleza del experimento.

3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

En el desarrollo del presente trabajo de investigación se realizó los siguientes métodos de análisis, generados durante el proceso de elaboración de contenedores.

Tabla 8

Recolección de datos

Técnica	Recolección de datos
----------------	-----------------------------

Recolección de información		Revisión bibliográfica (tesis, artículos científicos, libros) que permitirá contextualizar mejor el proyecto de tesis
Análisis mecánico	Tensión	Para determinar la tensión se calculará como carga máxima dividida por el área de la sección transversal inicial de la muestra.
	Elongación	Para determinar la elongación Se medirá en que porcentaje los contenedores puede aumentar su longitud antes de romperse
	Color	El análisis del color se realizará utilizando un colorímetro (JZ-300, Shenzhen Kingwell Instrument Co., Ltd, China).
Análisis físicos	Densidad	La densidad (g/cm^3) de cada muestra se calculará a partir de su masa (g) y volumen (cm^3).
	Espesor	Para medir el espesor de los contenedores biodegradables se utilizará un vernier digital de acero inoxidable DC051 (0 - 150 mm).

3.5.1. Instrumentos para la recolección de datos

Los instrumentos que se usaron en la presente investigación para la recolección de datos se detallan a continuación:

- Referencias bibliográficas de artículos, libros y revistas especializadas.
- Protocolos de análisis
- Cuaderno de campo
- Termoprensa
- Vernier
- Estufa
- Balanza

- Batidora
- Cámara fotográfica.

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para mostrar las propiedades físicas y mecánicas de los contenedores biodegradables, en los siguientes apartados se detallan cada uno de los ítems correspondientes, con el fin de contextualizar mejor la presente investigación.

3.6.1. Análisis mecánicos

Tensión. Los contenedores fueron medidos en un texturómetro textura TA.HDPlus (Stable Micro Systems, Surrey, Reino Unido) usando una celda de carga de 100 kg-f y un accesorio HDP/CFS que consta de un soporte circular hueco de introducción y una probeta esférica de acero inoxidable P/0,25S. La velocidad de prueba es de 0,5 mm/s y la distancia de movimiento de la muestra es de 15 mm. Se registraron curvas de tensión-deformación durante el alargamiento, indicando la resistencia a la tensión (Mpa) y el alargamiento (%).

$$\sigma = \frac{F}{A} \text{ (MPa)}$$

F = fuerza de tensión máxima

A = área de la sección transversal

$$\% \text{ Elongación} = \frac{L_f - L_0}{L_0} * 100$$

L_f = es la longitud final

L_0 = la longitud inicial de la muestra.

3.6.2. Análisis físicos

3.6.2.1. Color. El análisis de color de los contenedores se determinó utilizando un colorímetro (JZ-300, Shenzhen Jinwei Instrument Co., Ltd., China). La evaluación utiliza la tecnología CIELab, donde los valores de L* (brillo) varían de L= 0 (negro) a L= 100 (blanco), a* (relación roja/verde) y b* (amarillo/azul) primero se obtiene y luego se usa para expresar el cambio de color total (ΔE). Los valores mostrados son un promedio muestral de 3 mediciones. Las coordenadas de color del tablero estándar son L*=85,4, a*=1,4, b*=0,7. El cambio de color se calcula según la Ecuación.

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L)^2 + (a^* - a)^2 + (b^* - b)^2}$$

3.6.2.2. Espesor. Para Se utilizó un vernier digital de acero inoxidable DC051 (0 - 150 mm) para medir el espesor de las bandejas biodegradables.

3.6.2.3. Densidad. La densidad de cada muestra se calculó en función de su masa (g) y volumen (cm³). La muestra (2,5 cm de ancho, 10 cm de largo) se pesó y se multiplicó por sus dimensiones (espesor x ancho x largo) para calcular el volumen. Los valores informados son el número promedio de réplicas por tratamiento.

$$\text{Densidad} = \frac{\text{peso (g)}}{\text{volumen (mm)}}$$

3.6.3. Análisis e interpretación de datos

En la presente investigación se utilizó un diseño estadístico de dos factores, donde el factor A fue el tipo de almidón (papa, oca y arracacha) y el factor B fue la proporción de almidón (85 %, 90 % y 95 %). Las variables respuesta fueron las propiedades físicas y mecánicas. Se realizaron 3 repeticiones para cada concentración del tipo de almidón en la formulación base.

Tabla 9*Corridas experimentales utilizando el diseño de dos factores*

Concentración de almidón	Tipo de almidón		
	Papa	Oca	Arracacha
85 %	PF y PM	PF y PM	PF y PM
90 %	PF y PM	PF y PM	PF y PM
95 %	PF y PM	PF y PM	PF y PM

Nota. PF: propiedades físicas y PM: propiedades mecánicas.

Para determinar el efecto de los factores sobre las variables respuesta, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) seguido de la prueba de comparación múltiple de Tukey con un nivel de significancia establecido en $p < 0,05$ para determinar el efecto de los factores sobre las variables de respuesta. Los análisis se realizaron utilizando el software estadístico SPSS (International Business Machines Corporation, EE. U).

3.7. Aspectos éticos

En el informe de investigación se tomó en cuenta el Decreto Supremo N° 019-2021-MINAM, donde hace referencia que toda investigación o invención que se realice sobre la base de un recurso genético necesariamente debe contar con la autorización de la autoridad competente (SERFOR, INIA, PRODUCE y SERNANP) sobre el uso de recursos genéticos sin fines comerciales y/o con fines comerciales (MINAM, 2021). Así mismo, se tuvo en cuenta el Código de Ética para la Investigación Científica de la UNACH. Para la presente investigación no era preciso gestionar las autorizaciones debido a que no eran necesarias.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de Resultados

4.1.1. Extracción de Almidón de *Solanum Tuberosum S*, *Oxalis Tuberosa M*. y *Arracacia Xanthorrhiza B*.

Para la extracción de almidón se utilizó las muestras de papas, ocas y arracachas frescas o recién cosechadas, como criterio para garantizar un almidón de calidad. Las muestras por separado fueron lavadas para eliminar restos de suelo agrícola, luego triturados en una licuadora industrial para facilitar la liberación del almidón contenido en ellas. La pulpa triturada se mezcló con agua formando una suspensión grosera que luego se pasó a filtrar a través de un tamiz para separar los componentes mayores e insolubles. La suspensión fina fue sometida a sedimentación por un tiempo de 60 min, a partir del cual el almidón se observó en el fondo del depósito. El almidón húmedo fue secado en una estufa a 50 °C por 24 h luego obtenido un polvo fino que pasado por un tamiz de malla N° (53 - 75 um) que permitió eliminar impurezas.

Tabla 10

Extracción del almidón de los tubérculos

Material	Muestra	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Rendimiento (%)
PAPA	M1	20	3,24	16,25
OCA	M2	20	1,65	8,25
ARRACACHA	M3	20	2,49	12,46

4.1.2. Elaboración de contenedores utilizando almidones de papa, oca y arracacha.

Para la elaboración de los contenedores se utilizó una mezcla de 100 g cada 100 g contenía, almidón en proporciones de (85, 90 y 95), fibra de maíz en (5, 10 y 15) % según las formulaciones, 2,5 g de estearato de magnesio (desmoldante) 5 mL de glicerina (plastificante) y agua 95 mL.

Para preparar cada formulación, las proporciones de almidón, fibra, agua, estearato de magnesio y glicerina se mezclaron utilizando una batidora industrial a 300 rpm (Imaco, China) durante 15 min. Una vez lista la mezcla, utiliza una termoprensa (RELES PHL/D) para crear los contenedores. La geometría de los contenedores es de 270 mm de largo, 200 mm de ancho y 25 mm de alto. La termoprensa de ambas placas se precalentó y se mantuvo a 145°C, y la mezcla final se colocó en el medio de ambas placas. Ambas placas se cierran mediante un sistema hidráulico que funciona a una presión de 60 bar. El tiempo de horneado es de 10 a 15 minutos, dependiendo del contenido de agua de la mezcla.

Se realizaron diferentes formulaciones de almidón para la elaboración de los contenedores, en la tabla 11 se recopila las observaciones directas que se hicieron al material en donde los mejores resultados son:

En formulaciones de 85, 90 y 95 % para la papa y en formulaciones de 85 y 90 para la oca y en formulaciones de 95 % para la arracachá los contenedores tienen forma regular, flexible, contextura compacta y la ilustración muestra una apariencia sólida y uniforme. Estas formulaciones parecen tener una concentración o proporción óptima de almidón y fibra de maíz ya que tienen buenas propiedades de compactación y flexibilidad.

Tabla 11

Comparación de contenedores en diferentes formulaciones.

Material	Formulación	Forma	Material	Contextura	Imagen
-----------------	--------------------	--------------	-----------------	-------------------	---------------

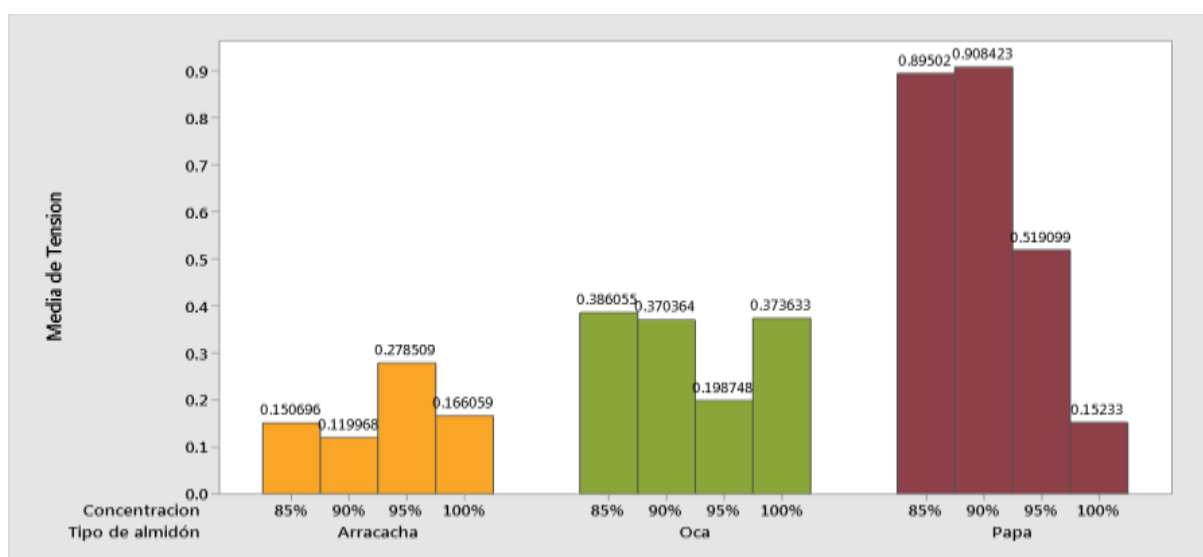
	F1 85 %	Regular	Flexible	Compacto	
PAPA	F2 90 %	Regular	Flexible	Compacto	
	F3 95 %	Regular	Flexible	Compacto	
	F1 85 %	Regular	Flexible	Compacto	
OCA	F2 90 %	Regular	Flexible	Compacto	
	F3 95 %	Regular	Flexible	Quebradiza	
	F1 85 %	Irregular	Flexible	Quebradiza	
ARRACAC	F2 90 %	Irregular	Flexible	Quebradiza	
HA	F3 95 %	Regular	Flexible	Compacto	

4.1.3. Evaluación de propiedades mecánicas

4.1.3.1. Fuerza de tensión. El análisis de las propiedades mecánicas permite determinar la resistencia del material y posibles alternativas de uso como contenedor de alguna comida. La figura 8 muestra claramente que, a mayor concentración de almidón, los valores de tensión tienden a disminuir significativamente. La concentración de fibra también tiene un impacto sustancial en los niveles de tensión, particularmente en las concentraciones más altas. En la concentración del 85/15 y 90/10, almidón de papa y fibra de maíz exhiben valores de tensión extremadamente alto de 0,89 y 0,90 MPa. Mientras que para la oca en concentraciones de 85/15 y 90/10 tiene un valor de 0,38 y 0,37 MPa. Mientras que los valores más bajos reportados le pertenecen al almidón de arracacha y fibra de maíz en concentración de 90/10 el valor es de 11 MPa. Por lo tanto, la concentración y el tipo de almidón tienen efectos principales significativos en la propiedad de tensión de los contenedores analizado. Además, existe una interacción, donde el impacto de la concentración en la tensión depende del tipo de tipo de almidón.

Figura 8

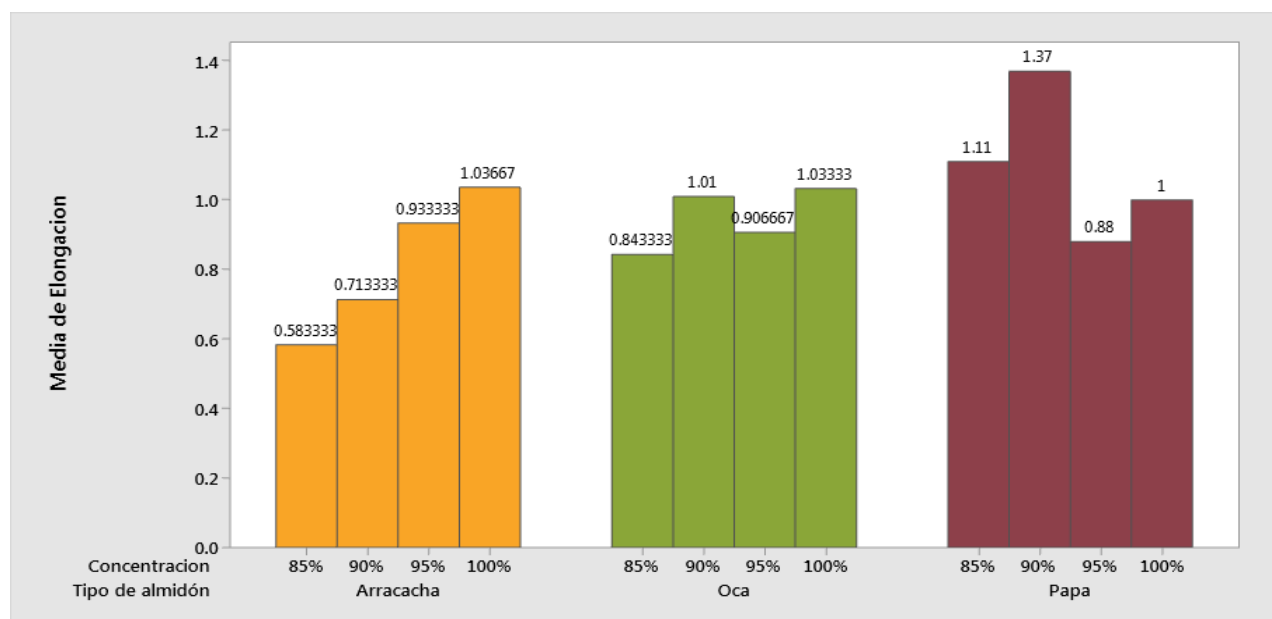
Fuerza de tensión



4.1.3.2. Porcentaje de elongación. La elongación indica la flexibilidad y capacidad de estiramiento de los contenedores. En la figura 9 los resultados indican que existe una interacción significativa entre el tipo de almidón y la concentración, lo que sugiere que el efecto de la concentración en la elongación depende del tipo de almidón específico utilizado, y viceversa. Aunque la concentración por sí sola no tiene un efecto principal significativo, el gráfico muestra una tendencia general de aumento en la elongación a medida que aumenta la concentración, pero este patrón varía según el tipo de almidón. Valor estadísticamente superior 1,37 % corresponde al almidón de papa en concentración de 90/10 y para la oca y arracacha es de 1,03 % en concentración de 100 % almidón.

Figura 9

Porcentaje de elongación



4.1.4. Evaluación de propiedades físicas.

4.1.4.1. Parámetros de color. El gráfico muestra los valores medios de la propiedad física "color diferencial" para los tres tipos de almidón evaluados (arracacha, oca y papa) a tres concentraciones diferentes (85 %, 90 % y 95 %).

Para la arracacha, el color diferencial disminuye de manera consistente al incrementar la concentración, pasando de 27,7 a 85 % hasta 22,6 a 100 %.

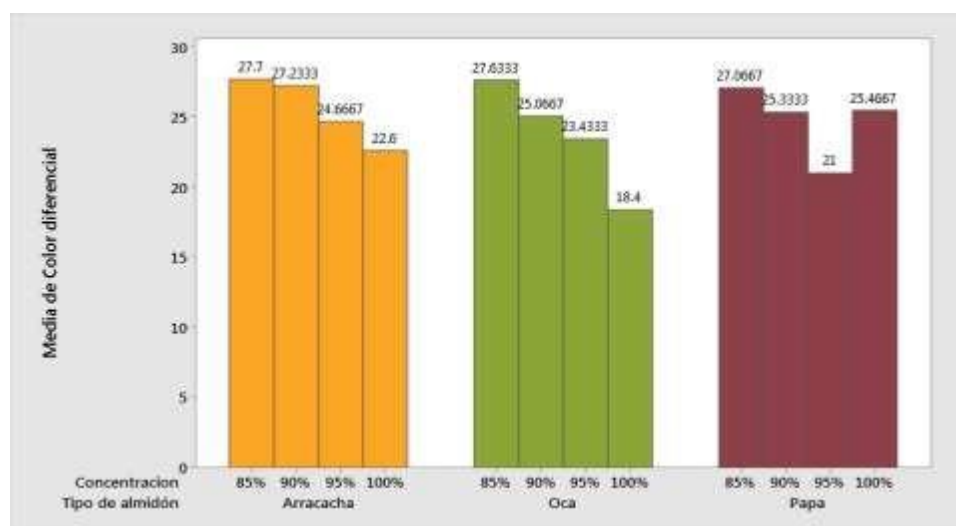
En el caso de la oca, se observa un pico en el color diferencial a 85 % de concentración (27,6), siendo ligeramente menor a 90 % (25) y 100 % (18,4).

Finalmente, para la papa se presenta la mayor variación, con un color diferencial de 25,4 a 100 % de concentración, significativamente más alto que a 95 % (21).

La tabla también revela que el factor "Tipo de almidón" tiene un efecto significativo (sig. 0,005) sobre el color, con una media cuadrática de 13,936. Esto se evidencia claramente en las diferencias entre tipos de almidón a una misma concentración en el gráfico.

Figura 10

Color diferencial



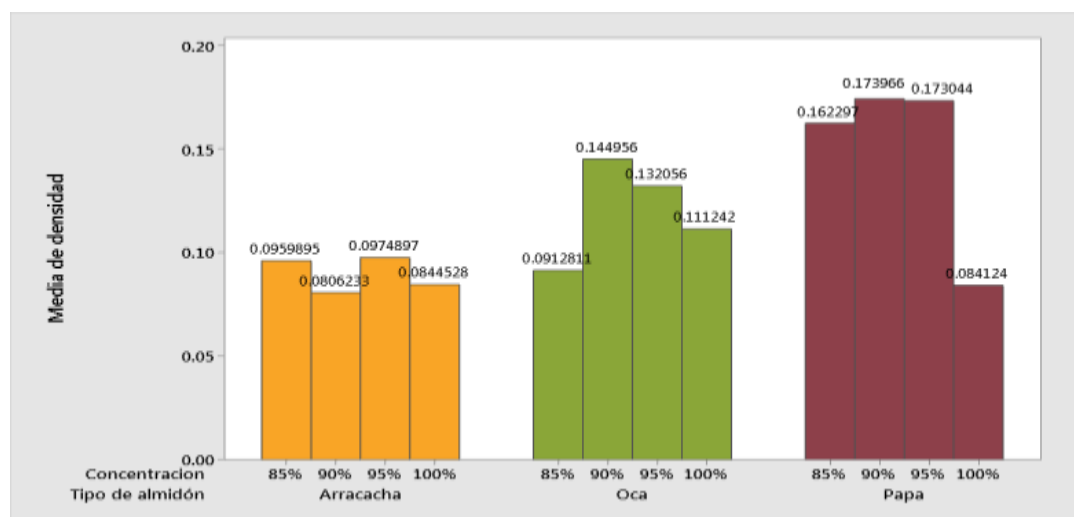
4.1.4.2. Densidad. La interacción entre tipo de almidón y concentración tiene una significancia de 0,032, lo que sugiere que el efecto de la concentración puede variar dependiendo del tipo de almidón.

En la figura 11, se observa que la papa tiene consistentemente la densidad más alta (alrededor de $0,117 \text{ g/cm}^3$), seguida por la oca (aproximadamente $0,114 \text{ g/cm}^3$) y la Arracacha con la densidad más baja (cercana a $0,09 \text{ g/cm}^3$) en todas las concentraciones evaluadas.

Para la arracacha y la oca, la densidad parece incrementarse levemente al aumentar la concentración, mientras que para la papa no se aprecia un patrón claro de cambio con la concentración. Por lo tanto, el tipo de almidón y la concentración influyen en la densidad del producto, siendo el tipo de almidón el factor más determinante. La papa presenta la mayor densidad, seguida por la oca y luego la arracacha.

Figura 11

Densidad



4.1.1.1. Espesor. Se evaluó propiedad de espesor para tres tipos de almidón (arracacha, oca y papa) en concentraciones distintas (85 %, 90 % y 95 %).

Para la arracacha, los valores de la propiedad medida se mantienen constantes en 5,1 y 5,4 aproximadamente, sin variar significativamente entre las diferentes concentraciones.

En el caso de la oca, se observa un ligero incremento hasta en los valores a medida que aumenta la concentración, partiendo de 4,1 a 85 % hasta alcanzar un máximo de 5,1 a 95 %.

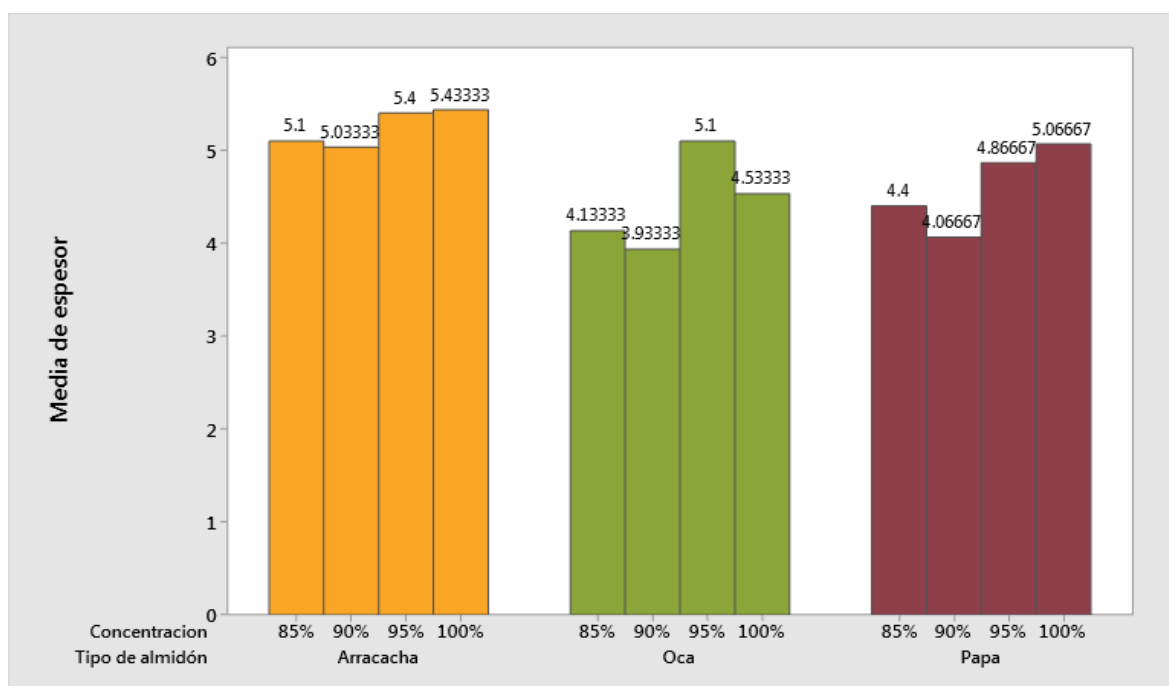
Para la papa, los valores de la propiedad evaluada son considerablemente más altos que en los otros tipos de almidón, iniciando en 4,1 a 85 % y aumentando progresivamente hasta llegar a 5,0667 a 100 % de concentración.

Las diferencias más notorias se presentan al comparar los tipos de almidón dentro de una misma concentración, donde la arracacha exhibe consistentemente los valores más altos, seguida por la oca y finalmente la papa con los valores más bajos.

La variación en los valores debido al cambio en la concentración es relativamente pequeña para la arracacha y la oca, pero más pronunciada en el caso de la papa. Por lo tanto, el tipo de almidón tiene un efecto más determinante que la concentración sobre la propiedad espesor, observándose valores máximos para la arracacha, intermedios para la oca y mínimos para la papa en todas las concentraciones

Figura 12

Espesor



4.1. Contrastación de hipótesis

Después de realizados los distintos análisis en el laboratorio y obtenidos los datos necesarios, podemos afirmar que los almidones de papa (*S. tuberosum*), oca (*O. tuberosa* M.) y arracacha (*A. xanthorrhiza* B.) producen contenedores con diferentes propiedades físicas y mecánicas satisfactorias.

4.2. Discusión de resultados

4.2.4. Extracción de almidones de Solanum tuberosum S, Oxalis tuberosa M. y Arracacia xanthorrhiza B.

Los resultados obtenidos en función al rendimiento para *S. tuberosum* fue de 16,25 % es similar a lo mencionado por (Vargas et al., 2016) donde obtuvo un resultado 16,5 % de almidón. Así mismo, los resultados de rendimiento *O. tuberosa* alcanzó un 8,25 % y según (Cruz, N et al., 2019) obtuvieron el mismo resultado. Mientras que para la *A. xanthorrhiza* el rendimiento obtenido de un 12,46%, mientras tanto Alayo B. (s. f.) obtuvo un rendimiento de 11,1 %.

4.2.5. Elaboración de contenedores utilizando almidones de papa, oca y arracacha

La importancia de la proporción de almidón y fibra de maíz: Las formulaciones con proporciones óptimas de almidón y fibra de maíz (85-95 % almidón y 5-15 % fibra de maíz) demostraron ser las mejores para obtener contenedores con buenas propiedades físicas. Esto concuerda con los hallazgos de Averous y Boquillon (2004), quienes señalaron que la proporción de fibra en las formulaciones de almidón termoplástico puede influir significativamente en las propiedades mecánicas y la procesabilidad del material. Una proporción adecuada de estos componentes parece ser crucial para lograr una buena compactación y flexibilidad del material, tal como lo indicaron Tharanathan y Srinivasa (2007) en su investigación sobre películas

biodegradables a base de almidón y fibra. Influencia del tipo de almidón: Se observan diferencias en las formulaciones óptimas según el tipo de almidón utilizado (papa, oca o arracacha). Estas diferencias podrían atribuirse a las propiedades inherentes de cada tipo de almidón, como su estructura molecular, grado de cristalinidad y capacidad de absorción de agua, tal como lo sugirieron Whistler y BeMiller (1997) en su libro “*Carbohydrate Chemistry for Food Scientists*”.

4.2.6. Evaluación de propiedades mecánicas

4.2.6.1. Fuerza de tensión. Es fundamental para determinar la eficiencia del contenedor. Se observó que la resistencia a la tensión aumentó ligeramente con la incorporación de fibras. En este sentido, las formulaciones de almidón de papa/fibra 85/15 y 90/10 alcanzaron valores de 0,89 y 0,90 MPa, respectivamente, mostrando una estructura más compacta, en comparación de los contenedores sin adición de fibra. Esto muestra que las fibras del pseudotallo del maíz están completamente integradas en la matriz de almidón en concentraciones de 85/15 y 90/10, sin interferencia aparente entre las cadenas de almidón. Cuando se aplica fuerza, esta se transfiere a las fibras, aumentando la resistencia (Cruz-Rodríguez, 2021).

Por otro lado, cabe señalar que actualmente no existe información sobre envases de almidón y fibra de maíz elaborados mediante termopresado. Sin embargo, los resultados de resistencia a la tensión obtenidos en este estudio fueron similares a los del poliestireno expandido (EPS) con un valor de 0,83 MPa según lo informado por Cabanillas et al. (2019) y a los informados por Cruz-Rodríguez (2021), quien reportó una resistencia de 0,51 a 0,75 MPa para espuma de almidón y fibra de espárrago y de 0,52 a 0,79 MPa para almidón y bagazo de caña de azúcar. Esta particularidad en la fibra muestra que determinadas sustancias de desecho pueden utilizarse como sustitutos parciales en diferentes composiciones, lo que contribuye al desarrollo de materiales innovadores y reduce la acumulación de materias primas de desecho.

4.2.6.2. Distancia de elongación. El análisis de elongación en los almidones de papa, oca y arracacha revela patrones distintivos de comportamiento mecánico a diferentes concentraciones. Los estudios de Cabanillas et al. (2019) señalan que la arracacha muestra una tendencia ascendente en la elongación conforme aumenta la concentración en contenedores de almidón de yuca con cascara de piña (1,16 % - 1,38 %) similares a los reportados en nuestro estudio (0,58 % a 1,03 %), lo cual sugiere una mejora en las propiedades elásticas del material. Este comportamiento, según Salgado et al. (2008), se relaciona directamente con la formación de redes moleculares más estables y cohesivas a mayores concentraciones de almidón, permitiendo una mejor distribución de las fuerzas de tensión aplicadas.

Las investigaciones de Cruz (2021) destaca que el almidón de papa exhibe un comportamiento particular, como se muestra en la investigación con un pico de elongación (1,37) en la concentración del 95 %, seguido de una disminución notable al 100 % (1,0). Por su parte, Hoyos et al. (2021) observaron que la oca mantiene valores más estables de elongación a través de las diferentes concentraciones lo cual atribuyen a la estructura molecular única de este almidón andino y su capacidad para mantener redes.

4.2.7. Evaluación de propiedades físicas

4.2.7.1. Parámetros de color. Los resultados derivados del análisis de color en los almidones de papa, oca y arracacha muestran una relación inversa entre la concentración y el índice de color diferencial, evidenciando una reducción de este parámetro al incrementar la concentración del 85 % al 100 %. Investigaciones previas de Cabanillas et al. (2019), respaldan que las concentraciones más elevadas favorecen el desarrollo de estructuras moleculares con mayor grado de ordenamiento y homogeneidad. De acuerdo con Cruz-Tirado et al. (2020), resulta significativo que el almidón de arracacha manifestó la fluctuación más notable en sus valores (27,7 – 22,6),

mientras que Espina et al. (2016), demostraron que el almidón de papa exhibe una estabilidad superior en sus parámetros, lo cual se vincula directamente con las características propias de su estructura molecular.

Tabla 12

Parámetros de color

Muestra	L*	a*	b*	ΔE
Papa 100	60	0,5	1,7	25,4
Papa 95	65,7	0,5	8,1	21
Papa 90	62,1	0,9	10,7	25,3
Papa 85	61,2	1,1	12,8	27,1
Oca 100	67,0	0,5	1,5	18,4
Oca 95	62,4	0,6	5,4	23,4
Oca 90	63,4	1,3	12,6	25,1
Oca 85	59,6	36,0	10,4	27,6
Arracacha 100	62,9	-0,7	0,2	22,6
Arracacha 95	61,4	0,2	6,2	24,7
Arracacha 90	58,8	0,4	6,6	27,2
Arracacha 85	58,9	0,9	8,8	27,7

4.2.7.2. Densidad. La densidad de los contenedores de almidón se ve afectada por la interacción con la fibra. En particular, la densidad de los contenedores de almidón de oca aumentó ligeramente al aumentar el contenido de fibra. Estos resultados son similares con informes de investigaciones anteriores (Kaisangsri et al., 2011). Los contenedores elaborados con almidón de

papa y 10 % de fibra de maíz tiene la mayor densidad, alcanzando $0,17 \text{ g/cm}^3$, mientras que la bandeja de almidón de Arracacha elaborada con 10% fibra de maíz tiene la menor densidad con un valor de $0,08 \text{ g/cm}^3$.

4.2.7.3. Espesor. Los contenedores tuvieron una variación entre 5,6 a 3,3 mm. Cabanillas et al. (2019) reportaron diferentes valores para contenedores elaborados a partir de almidón de yuca con un espesor de 2,5 a 2,6 mm utilizando cáscaras de piña. Asimismo, Cruz-Tirado et al. (2017) utilizaron almidón de oca mezclado con fibra de espárragos y bagazo de caña como refuerzo y obtuvieron espesores entre 2,4 y 2,6 mm En general, se observó que cuando la fibra se agrega en la matriz de almidón, los valores de espesor tienden a disminuir. Esta reducción del espesor sugiere que la adición de fibras interfiere con las interacciones entre las moléculas de almidón, debilitando así la estructura final.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

➤ Se logró extraer almidones de papa, oca y arracacha, se pudo obtener almidones de alta pureza y calidad. Estos almidones fueron utilizados como materias primas para la elaboración de contenedores biodegradables.

➤ Se elaboró contenedores mediante la utilización de proporciones de almidón individual de 85, 90 y 95.

➤ Se logró fabricar contenedores biodegradables con diferentes características y propiedades: como tensión, flexión, color, densidad y espesor los contenedores fabricados mostraron propiedades mecánicas adecuadas.

5.2. Recomendaciones

➤ Realizar investigación sobre otros tipos de almidones nativos en la elaboración de contenedores biodegradables. Esto ampliaría las opciones de materiales y podrían ofrecer características diferentes en términos de propiedades físicas y mecánicas.

➤ Realizar experimentación con diferentes proporciones de los almidones (papa, oca, arracacha) para encontrar la combinación óptima que brinde las mejores propiedades al contenedor.

➤ Realizar estudios para evaluar la biodegradabilidad de los contenedores en diferentes condiciones, con en suelo agua dulce agua salada esto ayudaría a comprender mejor su impacto ambiental y su comportamiento en diferentes entornos.

➤ Realizar un análisis del ciclo de vida de los contenedores, desde la producción hasta la disposición final, para evaluar su impacto ambiental en comparación con los contenedores convencionales. Esto ayudaría a proporcionar una perspectiva más completa de su sostenibilidad.

VI. REFERENCIAS

- Agencia Agraria de Noticias. (2020). *CIP planea lanzar dos variedades de papa biofortificada en Perú en 2021*. <https://agraria.pe/noticias/cip-planea-lanzar-dos-variedades-de-papa-biofortificada-en-p-23230>
- Aguerre, Y. (2018). *Contenedores biodegradables diseñados a partir de residuos urbanos, forestales y agroindustriales para el cultivo de plantas en vivero* [Tesis doctoral, Universidad Nacional de Misiones]. [https://rid.unam.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12219/2365/AGUERRE Yanina Susel_2018_Contenedores biodegradables diseñados.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://rid.unam.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12219/2365/AGUERRE_Yanina_Susel_2018_Contenedores%20biodegradables%20dise%C3%B1ados.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Alata, E., Cuadros, Y., Miranda, L., y Medina, E. (2018). Biopelículas producidas con cáscara de naranja y reforzadas con celulosa bacteriana. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 85(2), 231–241. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v85i2.80>
- Ballesteros, L., Pérez, C., y Andrade, R. (2020). Effect of glycerol and sorbitol concentrations on mechanical, optical, and barrier properties of sweet potato starch film. *NFS Journal*, 20, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2020.06.002>
- Barreiro, F., y Coronel, A. (2019). *Bagazo de caña de azúcar (Saccharum Officinarum) y almidón de yuca (Mianihot Esculenta) como sustituto de poliestireno en la elaboración de platos biodegradables* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1055/1/TTMAI5.pdf>
- Basiak, E., Lenart, A., y Debeaufort, F. (2017). Effect of starch type on the physico-chemical properties of edible films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 9, 12–14. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.01.122>
- Cabanillas, A., Nuñez, J., Cruz-Tirado, J. P., Vejarano, R., Tapia-Blácido, D., Arteaga, H., y Siche,

- R. (2019). Pineapple shell fiber as reinforcement in cassava starch foam trays. *Polymers and Polymer Composites*, 27(8), 496–506.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1177/0967391119848187>
- Canónico, M. (2003). *Agregación en gránulos de almidón* [Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Querétaro]. <http://qro.cinvestav.mx/~aherrera/tesisEstudiantes/tesisMarciaCanonico.pdf>
- Carrión, L. (2018). *Obtención de almidón y glucosa a partir de la oca (oxalis tuberosa) por hidrólisis ácida y su cinética de extracción* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8494>
- Chaireh, S., Ngasatool, P., y Kaewtatip, K. (2020). Novel composite foam made from starch and water hyacinth with beeswax coating for food packaging applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 165, 1382–1391.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.10.007>
- Colina, D. (2019). *Propuesta de diseño de un proceso de producción de envases desechables biodegradables a base de cascarilla de arroz* [Tesis de pregrado, Universidad De Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/41271>
- Cruz, G. (2021). *Efecto de la proporción de fibra y almidón obtenidos del pseudotallo de banano (Musa acuminata) en las propiedades de bandejas biodegradables* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. [https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/17032/Cruz Rodríguez%2CGiorman Darlyn.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/17032/Cruz_Rodríguez%2CGiorman%20Darlyn.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Donoso, C., y Villegas, E. (2018). *Estudio de la oca rosada (Oxalis Tuberosa) y su uso diverso en la repostería en la ciudad Guayaquil* [Tesis de Posgrado, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/35875>

- Espina, M., Cruz, J. P., y Siche, R. (2016). Mechanical properties of trays based on starch of native plant species and fiber of agroindustrial wastes. *Scientia Agropecuaria*, 07(02), 133–143. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.02.06>
- Ferreira, D., Molina, G., y Pelissari, F. (2020). Biodegradable trays based on cassava starch blended with agroindustrial residues. *Composites Part B: Engineering*, 183, 107682. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2019.107682>
- Flores, S. (2004). *Obtención de almidón con tamaño de partícula reducido mediante pulverizado mezclado con alta energía* [Tesis de posgrado, Instituto Politécnico Nacional]. https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/10706/1/PTA_M_20040615_001.PDF
- García, I. (2017). *Determinación de concentración óptima de ácido acético-glicerol en la elaboración de plástico biodegradable a partir del almidón de cáscara de plátano (Musa paradisiaca) en Pucallpa* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ucayali]. <http://190.116.57.28/handle/UNU/3626>
- Gibson, M. (2017). *Evaluación y proyección financiera para determinar la viabilidad y rentabilidad de una empresa dedicada a la producción de empaques biodegradables* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México]. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/14865/Tesis.pdf?sequence=1>
- Hernández, K. (2013). *Biodegradación de envases elaborados a base de fécula de maíz, papa, caña de azúcar, papel y oxo-biodegradables* [Tesis para obtener el Título de Biólogo, Universidad Nacional Autónoma de México]. https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis_hernandez_tomas.pdf

- Hidalgo, A., y Micho, N. (2014). *Modificación química de almidón nativo de maca (Lepidium peruvianum) en sus características fisicoquímicas y reológicas*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/5992>
- Hoyos, B., Cieza, E., y Castro, R. (2021). Ecological trays based on banana (*Musa paradisiaca*) and achira (*Canna indica*) leaf blades: Physical, mechanical and chemical characteristics. *Agroindustrial Science*, 2(1), 147–154. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2021.01.11>
- Jayaraman, K. (2003). Manufacturing sisal-polypropylene composites with minimum fibre degradation. *Composites Science and Technology*, 63(3–4), 367–374. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0266-3538\(02\)00217-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0266-3538(02)00217-8)
- Kaisangsri, N., Kerdchoechuen, O., y Laohakunjit, N. (2012). Biodegradable foam tray from cassava starch blended with natural fiber and chitosan. *Industrial Crops and Products*, 37(1), 542–546. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.07.034>
- Kandelin, E. (2019). *¿Qué es el envasado biodegradable?* <https://www.desjardin.fr/es/blog/what-is-biodegradable-packaging>
- Llerena, J., y Monzón, L. (2017). *Elaboración de un envase biodegradable a partir de almidón obtenido de arroz quebrado (Oryza sativa), queratina obtenida de residuos avícolas (Plumas) fortificado con residuos de cáscaras de mango (Mangifera indica)* [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santa María]. <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/6666/42.0158.IB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- López, O. (2011). *Desarrollo, caracterización y aplicación de envases biodegradables a partir de almidón* [Tesis Doctoral, Universidad Nacional de La Plata].

http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/2651/Documento_completo.pdf?sequence=3&isAllowed=y

MINAM. (2021). DS N°019-MINAM Reglamento de acceso a los recursos genéticos y sus derivados (vigente). *El peruano*, 1–32. <https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/2035447-019-2021-minam>

Morales, E. (2014). *Caracterización de películas, elaboradas a partir de harina de quinua (Chenopodium quinoa, Willd), almidón modificado de yuca (Manihot esculenta) y montmorillonita* [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional.]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/7281>

Narro, K. (2021). *Determinación de la temperatura de fritura y espesor para obtener hojuelas de arracacha (Arracacia xanthorrhiza Bancroft)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/4507>

National Toxicology Program - NTP. (2008). Report on carcinogens background document for Styrene. In *Report on carcinogens background document for [substance name]* (Issues 8–5978). https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/roc/twelfth/2010/finalbds/styrene_final_508.pdf

Oré, F. (2015). *Determinación de los parámetros adecuados de la deshidratación de oca (Oxalis Tuberosa Mol.) mediante lecho fluidizado para la obtención de harina* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/117>

Ortuño, Á. (2013). *Diseño de packaging para café* [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/5249/1/tdis112.pdf>

Rios, G. (2007). *Distribución y variabilidad de Ralstonia Solanacearum E.F. Smith, agente causal de marchitez bacteriana en el cultivo de papa (Solanum Tuberosum L), en tres departamentos*

- del norte de Nicaragua (Estelí, Matagalpa y Jinotega)* [Tesis de Posgrado, Universidad Nacional Agraria]. <http://repositorio.una.edu.ni/1366>
- Robles, N. (2016). *Efecto de tiempo y temperatura de pasteurización en el contenido de vitamina C y capacidad antioxidante de zumo de oca A (Oxalis tuberosa Mol)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Antiplano]. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3592/Robles_Condori_Nelly.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Romero, J. (2019). *Caracterización de bandejas biodegradables provenientes de diferentes almidones nativos peruanos* (Vol. 0, Issue 0) [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. <https://doi.org/http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/15662>
- Rosas, D., Ortiz, H., Herrera, J. A., y Leyva, O. (2016). Revalorización de algunos residuos agroindustriales y su potencial de aplicación a suelos agrícolas. *Agroproductividad*, 9(8), 18–23. <https://mail.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/796>
- Ruiz, G. (2005). *Pólimeros biodegradables a partir de almidón de yuca* [Tesis de Posgrado, Universidad EAFIT]. https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/7364/Gladys_RuizAviles_2005.pdf?sequence=2
- Santiago, M. (2015). *Elaboración y caracterización de películas biodegradables obtenidas con almidón nanoestructurado*. [Tesis de Maestría, Universidad Veracruzana]. <http://cdigital.uv.mx/handle/123456789/46809>
- Sawawi, D., Monhd, H., Angzzas, H., Halizah, A., y Ashuvila, A. (2013). Analysis the chemical composition and fiber morphology structure of corn stalk. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 7(9), 401–405.

<https://doi.org/http://ajbasweb.com/old/ajbas/2013/July/401-405.pdf>

- Tovar, T. (2008). *Caracterización morfológica y térmica del almidón de maíz (Zea mays L) obtenido por diferentes métodos de aislamiento* [Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo].
http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/508/Caracterizacion_morfologica_y_termica_almidon_de_maiz.pdf;jsessionid=663107027988568B0B02BAD320222D55?sequence=1
- Trujillo, C. (2014). *Obtención de películas biodegradables a partir de almidón de yuca (Manihot Esculenta crantz) doblemente modificado* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios].
<http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/65/004-2-1-013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ventura, E. (2007). *Utilización de arracacha (Arracacia xanthorrhiza) en panificación* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú].
https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3197/Ventura_Malpica.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vinueza, B. (2020). *Composición química de residuos agroindustriales del maíz (Zea Mays) (cáscara, pelusa, tusa y panca) utilizados en la alimentación de rumiantes.* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo].
<https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/5324/1/T-UTEQ-0098.PDF>

VII. ANEXOS

Tabla 13

Análisis de varianza para la propiedad mecánica tensión

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	2,374 ^a	11	0,216	105,166	0,000
Intersección	5,032	1	5,032	2452,039	0,000
Tipo de almidón	1,150	2	0,575	280,205	0,000
Concentración	0,356	3	0,119	57,882	0,000
Tipo de almidón * Concentración	0,868	6	0,145	70,461	0,000
Error	0,049	24	0,002		
Total	7,456	36			
Total corregido	2,423	35			

a. R al cuadrado = 0,980 (R al cuadrado ajustada = 0,970).

En la tabla 14 se observa el ANOVA que permitió evaluar el tipo de almidón y las diferentes concentraciones sobre la propiedad física tensión en donde se observó que existió una diferencia significativa ($p < 0,05$).

Tabla 14

Análisis de varianza para la propiedad mecánica elongación.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1,294 ^a	11	0,118	4,344	0,001
Intersección	32,604	1	32,604	1203,720	0,000
Tipo de almidón	0,448	2	0,224	8,279	0,002
Concentración	0,223	3	0,074	2,739	0,066
Tipo de almidón* Concentración	0,623	6	0,104	3,835	0,008
Error	0,650	24	0,027		
Total	34,548	36			
Total corregido	1,944	35			

a. R al cuadrado = 0,666 (R al cuadrado ajustada = 0,512).

En la tabla 15 se observa el ANOVA que permitió evaluar el tipo de almidón y las diferentes concentraciones sobre la propiedad mecánica elongación en donde se observó que existió una diferencia significativa ($p < 0,05$).

Tabla 15

Análisis de varianza para la propiedad física color.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	270,267 ^a	11	24,570	7,435	0,000
Intersección	21844,840	1	21844,840	6610,189	0,000
Tipo de almidón	22,167	2	11,083	3,354	0,052
Concentración	164,482	3	54,827	16,591	0,000
Tipo de almidón * Concentración	83,618	6	13,936	4,217	0,005
Error	79,313	24	3,305		
Total	22194,420	36			
Total corregido	349,580	35			

a. R al cuadrado = 0,773 (R al cuadrado ajustada = 0,669).

Según la tabla 16 se aprecia que el ANOVA que permitió evaluar el tipo de almidón y las diferentes concentraciones sobre la propiedad física color en donde se observó que existió una diferencia significativa ($p < 0,05$).

Tabla 16

Análisis de varianza para la propiedad física espesor.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	9,036 ^a	11	0,821	14,785	0,000
Intersección	814,151	1	814,151	14654,720	0,000
Tipo de almidón	4,437	2	2,219	39,935	0,000
Concentración	3,720	3	1,240	22,320	0,000
Tipo de almidón* Concentración	0,878	6	0,146	2,635	0,042
Error	1,333	24	0,056		
Total	824,520	36			
Total corregido	10,369	35			

a. R al cuadrado = 0,871 (R al cuadrado ajustada = 0,812).

De acuerdo a la tabla 17 se aprecia que el ANOVA que permitió evaluar el tipo de almidón y las diferentes concentraciones sobre la propiedad física espesor en donde se observó que existió una diferencia significativa ($p < 0,05$).

Tabla 17

Análisis de varianza para la propiedad física densidad.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	0,043 ^a	11	0,004	5,301	0,000
Intersección	0,512	1	0,512	693,322	0,000
Tipo de almidón	0,021	2	0,010	14,003	0,000
Concentración	0,010	3	0,003	4,465	0,013
Tipo de almidón* Concentración	0,012	6	0,002	2,819	0,032
Error	0,018	24	0,001		
Total	0,573	36			
Total corregido	0,061	35			

a. R al cuadrado = 0,708 (R al cuadrado ajustada = 0,575).

Según los datos de la tabla 18 se aprecia que el ANOVA que permitió evaluar el tipo de almidón y las diferentes concentraciones sobre la propiedad física densidad en donde se observó que existió una diferencia significativa ($p < 0,05$).

Tabla 18

Prueba Tukey para el tipo de almidón respecto a tensión

Tipo de almidón	N	HSD Tukey ^{a,b}		
		1	<u>Subconjunto</u> 2	3
Arracacha	12	0,1788		
Oca	12		0,3322	
Papa	12			0,6106
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 0,002.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 12,000

b. Alfa = 0,05.

Se puede apreciar que en la tabla 18 los resultados muestran que no hay diferencias significativas entre el tipo de almidón en términos de tensión ($p > 0,05$), ya que el valor de significancia (Sig.) es mayor que 0,05. Respecto a la tensión, la más alta se encuentra en el almidón de papa, seguido por el almidón de oca y luego el almidón de arracacha. Por lo tanto, según los resultados del análisis de Tukey, el tipo de almidón que tiene la mejor tensión es el almidón de papa.

Tabla 19

Prueba Tukey para la concentración respecto a tensión

Concentración	N	HSD Tukey ^{a,b}		
		Subconjunto		
		1	2	3
100	9	0,2307		
95	9		0,3321	
90	9			0,4555
85	9			0,4773
Sig.		1,000	1,000	0,740

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 0,002.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.

b. Alfa = 0,05.

Se puede apreciar que en la tabla 10 se muestra que en los datos no hay diferencias significativas entre el tipo de almidón en términos de tensión ($p > 0,05$), ya que el valor de significancia (Sig.) es mayor que 0,05. En las medias podemos ver que la concentración con la mayor tensión es la del 85 %, seguida por la del 90 %, luego la del 95 %, y finalmente la del 100 %. Por lo tanto, según los resultados del análisis de Tukey, la concentración con mejor tensión es la del 85 %.

Tabla 20

Prueba Tukey para el tipo de almidón respecto a elongación

Tipo de almidon	N	HSD Tukey ^{a,b}	
		Subconjunto 1	Subconjunto 2
Arracacha	12	0,8167	
Oca	12	0,9483	0,9483
Papa	12		1,0900
Sig.		0,144	0,109

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 0,027.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 12,000.

b. Alfa = 0,05.

En la tabla 20 se muestra que los datos no existen diferencias significativas entre el tipo de almidón en términos de elongación ($p > 0,05$), ya que el valor de significancia (Sig.) es mayor que

0,05. Observando estas medias, podemos ver que la elongación más alta se encuentra en el almidón de papa, seguido por el almidón de oca y luego el almidón de arracacha. Por lo tanto, según los resultados del análisis de Tukey, el tipo de almidón que tiene la mejor elongación es el almidón de papa.

Tabla 21

Prueba Tukey para la concentración respecto a elongación

HSD Tukey^{a,b}

Concentración	N	Subconjunto
		1
85	9	0,8456
95	9	0,9067
100	9	1,0233
90	9	1,0311
Sig.		0,106

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 0,027.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.

b. Alfa = 0,05.

De acuerdo a la tabla 21 se muestra que los datos no existen diferencias significativas entre el tipo de almidón en términos de elongación ($p > 0,05$), ya que el valor de significancia (Sig.) es mayor que 0,05. Se aprecia que la concentración con la mejor elongación es la del 90 %, seguida

por la del 100 %, luego la del 95%, y finalmente la del 85 %. Por ende, los resultados muestran que el análisis de Tukey, la concentración que tiene mejor elongación es la del 90 %.

Tabla 22

Prueba Tukey para el tipo de almidón respecto a color

Tipo de almidón	N	HSD Tukey ^{a,b}	
		Subconjunto	
		1	2
Oca	12	23,6333	
Papa	12	24,7167	24,7167
Arracacha	12		25,5500
Sig.		0,328	0,510

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 3,305.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 12,000.

b. Alfa = 0,05.

Los resultados muestran que no hay diferencias significativas entre el tipo de almidón en términos de color ($p > 0,05$), ya que el valor de significancia (Sig.) es mayor que 0,05. Por otro lado, Observando estas medias, podemos ver que el almidón de arracacha tiene la media más alta de color, seguido por el almidón de papa y luego el almidón de oca. Por lo tanto, según los resultados del análisis de Tukey, el tipo de almidón que mejor tiene color es el almidón de arracacha.

Tabla 23*Prueba Tukey para la concentración respecto a color*

Concentración	N	HSD Tukey ^{a,b}	
		Subconjunto	
		1	2
100	9	22,1556	
95	9	23,0333	
90	9		25,8778
85	9		27,4667
Sig.		0,737	0,274

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 3,305.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.

b. Alfa = 0,05.

Los datos de la tabla 23 muestran que no hay diferencias significativas entre el tipo de almidón en términos de color ($p > 0,05$), ya que el valor de significancia (Sig.) es mayor que 0,05. Así mismo, se aprecia que a medida que la concentración disminuye, la media de color tiende a aumentar. Por lo tanto, según los resultados del análisis de Tukey, la concentración que mejor tiene color es la del 85%.

Tabla 24

Prueba Tukey para el tipo de almidón respecto a espesor

Tipo de almidón	N	HSD Tukey ^{a,b}	
		Subconjunto	
		1	2
Oca	12	4,4250	
Papa	12	4,6000	
Arracacha	12		5,2417
Sig.		0,185	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 0,056.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 12,000.

b. Alfa = 0,05.

Los datos de la tabla 24 muestran que no hay diferencias significativas entre el tipo de almidón en con el espesor ($p > 0,05$), ya que el valor de significancia (Sig.) es mayor que 0,05. Por otro lado, se observa que el valor más alto de espesor promedio corresponde a la arracacha 5,2417, seguido por la papa 4,6000 y luego la oca 4,4250. Por lo tanto, según estos resultados, la arracacha tiene el mejor espesor entre los tres tipos de almidón evaluados.

Tabla 25

Prueba Tukey para la concentración respecto a espesor

Concentración	N	HSD Tukey ^{a,b}	
		1	2
90	9	4,3444	
85	9	4,5444	
100	9		5,0111
95	9		5,1222
Sig.		0,298	0,751

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 0,056.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.

b. Alfa = 0,05.

De acuerdo a la tabla 25 muestran que no hay diferencias significativas entre el tipo de almidón en con el espesor ($p > 0,05$), ya que el valor de significancia (Sig.) es mayor que 0,05. Así mismo, según estos resultados, las concentraciones 100 y 95 tienen el mejor espesor entre las cuatro concentraciones evaluadas.

Tabla 26

Prueba Tukey para el tipo de almidón respecto a densidad

Tipo de almidón	N	HSD Tukey ^{a,b}		
		Subconjunto		
		1	2	3
Arracacha	12	0,0896		
Oca	12		0,1199	
Papa	12			0,1484
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 0,001.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 12,000.

b. Alfa = 0,05.

De acuerdo a la tabla 26 muestran que no hay diferencias significativas entre el tipo de almidón en con la densidad ($p > 0,05$), ya que el valor de significancia (Sig.) es mayor que 0,05. Se puede ver que la densidad más alta se encuentra en el almidón de papa, seguido por el almidón de oca y luego el almidón de arracacha. Por lo tanto, según los resultados del análisis de Tukey, el tipo de almidón que tiene la mejor densidad es el almidón de papa.

Tabla 27*Prueba Tukey para la concentración respecto a densidad*HSD Tukey^{a,b}

Concentración	N	Subconjunto	
		1	2
100	9	0,0933	
85	9	0,1165	0,1165
90	9		0,1332
95	9		0,1342
Sig.		0,291	0,524

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 0,001.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.

b. Alfa = 0,05.

De acuerdo a la tabla 27 muestran que no hay diferencias significativas entre el tipo de almidón en con la densidad ($p > 0,05$), ya que el valor de significancia (Sig.) es mayor que 0,05. Observando estas medias, podemos ver que la concentración con la mayor densidad es la del 95 %, seguida por la del 90 % y luego la del 100 %. La concentración del 85% tiene la densidad más baja. Por lo tanto, según los resultados del análisis de Tukey, la concentración que tiene mejor densidad es la del 95 %.

Figura 13

Recepción de materia prima

**Figura 14**

Triturado



Figura 15*Filtrado***Figura 16***Tamizado*

Figura 17

Termoprensado

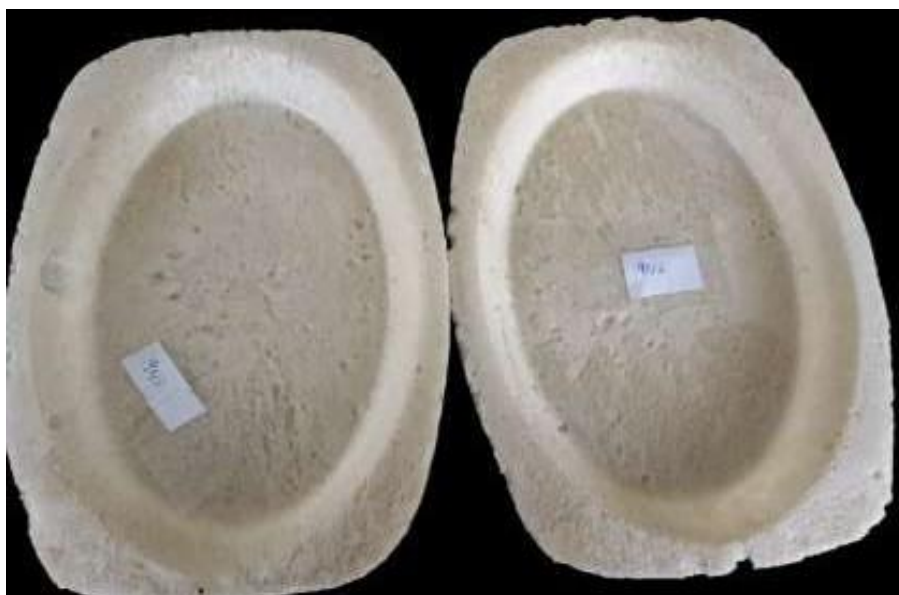
**Figura 18**

Muestra 100% almidón de papa



Figura 19

Muestra 95/5 almidón de papa y fibra de maíz.

**Figura 20**

Muestra 90/10 almidón de papa fibra de maíz.



Figura 21

Muestra 85/15 almidón de papa y fibra de maíz

**Figura 22**

Muestra 100% de almidón de oca



Figura 23

Muestra 95/5 almidón de oca y fibra de maíz.

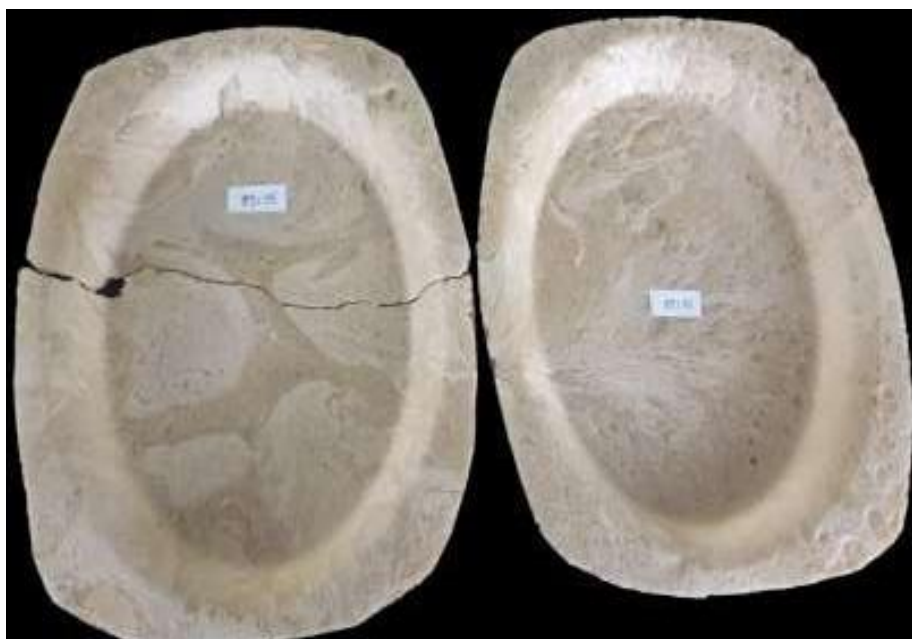
**Figura 24**

Muestra 90/10 almidón de oca y fibra de maíz.



Figura 25

Muestra 85/15 almidón de oca y fibra de maíz

**Figura 26**

Muestra 100% almidón de arracacha



Figura 27

Muestra 95/5 almidón de arracacha y fibra de maíz

**Figura 28**

Muestra 90/10 almidón de arracacha y fibra de maíz

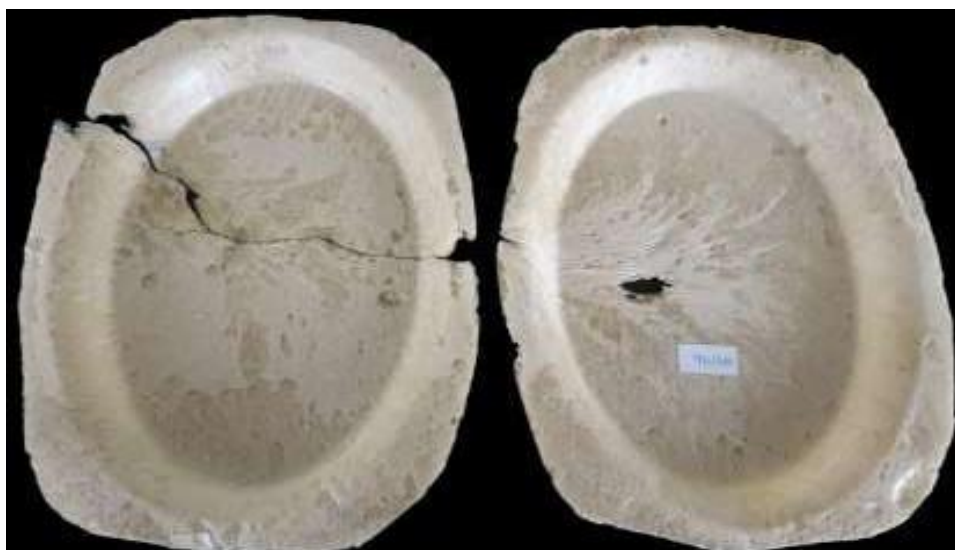


Figura 29

Muestra 85/15 almidón de arracacha fibra de maíz

**Figura 30**

Calibración de equipo



Figura 31

Prueba de tensión y porcentaje de elongación

