

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE CÁSCARA DE
PAPA (*Solanum tuberosum*) Y PLÁTANO (*Musa paradisiaca*)
DE RESIDUOS DE POLLERÍAS Y TACACHERÍAS DE LA
CIUDAD DE HUÁNUCO”**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: AGRICULTURA, BIOTECNOLOGÍA
AGRÍCOLA**

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

TESISTA:

MARTEL TOLENTINO, GIULIANA ALEXANDRA

ASESOR:

DR. NATIVIDAD BARDALES, ANGEL DAVID

HUÁNUCO – PERÚ

2023

DEDICATORIA

A mis padres: Rosario Martel y Salesiana Tolentino; a mis hermanos: Wilder Martel, Naydy Martel y Yesenia Martel, quienes siempre estuvieron presentes durante la etapa más importante durante mi trayecto universitario, por sus consejos, por apoyarme en la realización de mi sueño, por su inmensurable comprensión, cariño y ayuda en los momentos difíciles, por su valentía para poder darme una educación de calidad. Por aleccionarme que antes de ser profesional se debe ser humano, por mis principios y mis valores.

Giuliana Alexandra Martel Tolentino

AGRADECIMIENTO

A Dios, por sus incalculables bendiciones y por darme la fuerza para cumplir uno de mis sueños más preciados.

A mi amiga Keyko Mori, por los tiempos de amistad compartida y por los consejos cuando fueron necesarios.

Al Dr. Wilder Javier Martel Tolentino, quien además de ser un gran profesional me orientó a seguir y concretar este logro; su mayor título es ser mi hermano.

A mis docentes de la CPIA-UNHEVAL, por haber impartido sus conocimientos durante mi preparación profesional.

Al Dr. Ángel David Natividad Bardales, por sus horas invertidas en su asesoría para desarrollar esta investigación, que me permite alcanzar un logro importante en mi vida profesional.

Giuliana Alexandra Martel Tolentino

RESUMEN

MARTEL TOLENTINO, Giuliana Alexandra. “**OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE CÁSCARA DE PAPA (*Solanum tuberosum*) Y PLÁTANO (*Musa paradisiaca*) DE RESIDUOS DE POLLERÍAS Y TACACHERÍAS DE LA CIUDAD DE HUÁNUCO**”. Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco-Perú. **2023**.

La investigación involucró la elaboración de bioplásticos a partir de almidón de cáscaras de plátano y papa procedentes de residuos de pollerías y tacacherías de la ciudad de Huánuco, se evaluó proporciones de almidones de cáscara de plátano y papa en las propiedades físicas, ópticas, de los bioplásticos de almidón obtenidos, en la determinación de las características fisicoquímicas (humedad, cenizas, índice de solubilidad de agua y capacidad de absorción de agua), óptica (color) y física (densidad, espesor, capacidad de absorción de agua, color y textura). Inicialmente se caracterizó los almidones extraídos de la cáscara de plátano y papa con una humedad, de $13,22 \pm 0,34$ % y $14,72 \pm 0,47$ %, cenizas $1,13 \pm 0,16$ % y $1,34 \pm 0,08$ %, índice de absorción de agua $2,42 \pm 0,09$ % y $3,43 \pm 0,074$ %, solubilidad de agua de $1,603 \pm 0,196$ % y $1,916 \pm 0,424$ %, finalmente °Brix para la cáscara de plátano de $5,901 \pm 0,006$, respectivamente. Se utilizaron nueve tratamientos para formular los bioplásticos; **T**₁: (90 -10 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano), **T**₂: (80-20 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano), **T**₃: (70-30 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano), **T**₄: (60-40 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano), **T**₅: (50-50 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano), **T**₆: (40-60 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano), **T**₇: (30-70 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano), **T**₈: (20-80 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano), **T**₉: (10-90 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano). El mejor tratamiento fue (**T**₅) cuyas características fueron: opacidad de $2,57 \pm 0,666$ nm/mm, espesor $0,288 \pm 0,07$ mm, densidad $1,709 \pm 0,551$ g/cm³, capacidad de absorción de agua $0,274 \pm 0,062$ g/g, color L* $29,74 \pm 9,71^{abc}$, a* $9,15 \pm 2,34^c$, b* $22,42 \pm 2,14^c$ y textura $1,33 \pm 0,27^{ab}$ N/mm².

Palabras claves: Formulación, biopolímero, alternativa ecológica.

ABSTRACT

MARTEL TOLENTINO, Giuliana Alexandra. “**OBTAINING BIOPLASTICS FROM POTATO PEEL (*Solanum tuberosum*) AND BANANA (*Musa paradisiaca*) FROM POULTRY AND GOODS STORE WASTE IN THE CITY OF HUÁNUCO.**” Thesis to obtain the title of Agroindustrial Engineer, Professional School of Agroindustrial Engineering, National University Hermilio Valdizán, Huánuco-Perú. **2023.**

The research involved the production of bioplastics from starch from banana and potato peels from waste from chicken shops and tacherias in the city of Huánuco. Proportions of banana and potato peel starches were evaluated in the physical and optical properties of the products. starch bioplastics obtained, in the determination of the physicochemical characteristics (moisture, ash, water solubility index and water absorption capacity), optical (color) and physical (density, thickness, water absorption capacity, color and texture). Initially, the starches extracted from banana and potato peel were characterized with a humidity of $13,22 \pm 0,34\%$ and $14,72 \pm 0,47\%$, ashes $1,13 \pm 0,16\%$ and $1,34 \pm 0,08\%$, water absorption rate $2,42 \pm 0,09\%$ and $3,43 \pm 0,074\%$, water solubility of $1,603 \pm 0,196\%$ and $1,916 \pm 0,424\%$, finally °Brix for banana peel of $5,901 \pm 0,006$, respectively. Nine treatments were used to formulate the bioplastics; **T₁**: (90-10% Potato peel starch base: banana), **T₂**: (80-20% Potato peel starch base: banana), **T₃**: (70-30% Potato peel starch base : banana), **T₄**: (60-40% Potato peel starch base: banana, **T₅**: (50-50% Potato peel starch base: banana), **T₆**: (40-60% Potato starch base potato peel: banana), **T₇**: (30-70% Potato peel starch base: banana), **T₈**: (20-80% Potato peel starch base: banana), **T₉**: (10-90% Potato peel starch base: banana). The best treatment was (**T₅**) whose characteristics were: opacity of $2,57 \pm 0,666$ nm/mm, thickness $0,288 \pm 0,07$ mm, density $1,709 \pm 0,551$ g/cm³, capacity water absorption $0,274 \pm 0,062$ g/g, color L* 29.74 ± 9.71^{abc} , a* 9.15 ± 2.34^c , b* 22.42 ± 2.14^c and texture 1.33 ± 0.27^{ab} N/mm².

Keywords: Formulation, biopolymer, ecological alternative.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
RESUMEN.....	III
ABSTRACT.....	IV
ÍNDICE GENERAL.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo general:.....	3
2.2. Objetivos específicos:.....	3
III. MARCO TEÓRICO.....	4
3.1. Fundamentación teórica.....	4
3.1.1. Plátano (<i>Musa paradisiaca</i>).....	4
3.1.1.1. Clasificación botánica del plátano.....	5
3.1.1.2. Importancia nutricional del plátano (<i>Musa paradisiaca</i>).....	5
3.1.1.3. Cáscara de plátano.....	6
3.1.2. Papa (<i>Solanum tuberosum</i>).....	6
3.1.2.1. Clasificación botánica de la papa.....	6
3.1.2.2. Importancia nutricional de la papa (<i>Solanum tuberosum</i>).....	7
3.1.2.3. Composición de la papa.....	7
3.1.2.4. Cáscara residual de la papa.....	7
3.1.3. Almidón.....	7
3.1.3.1. Estructura química del almidón.....	8
3.1.3.2. Usos del almidón.....	8
3.1.3.3. Propiedades funcionales del almidón.....	9

3.1.4.	Bioplástico	10
3.1.4.1.	Formación de películas	10
3.1.4.2.	Factores que influyen en la obtención de películas	12
3.1.4.3.	Principales propiedades de las películas	13
3.1.4.3.1.	Propiedades físicas de las películas	13
3.1.4.3.1.1.	Solubilidad	13
3.1.4.3.1.2.	Espesor.....	13
3.1.4.3.1.3.	Capacidad de retención de agua (CRA).....	13
3.1.4.3.1.4.	Densidad.....	14
3.1.4.4.	Propiedades ópticas	14
3.1.4.4.1.	Opacidad.....	14
3.2.	Investigaciones sobre bioplásticos.....	14
3.3.	Hipótesis	19
3.3.1.	Hipótesis general.....	19
3.3.2.	Hipótesis específicas	20
3.4.	Variables.....	20
3.4.1.	Variable independiente	20
3.4.2.	Variable dependiente.....	20
3.4.3.	Operacionalización de variables	21
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
4.1.	Tipo y nivel de investigación	22
4.1.1.	Tipo de investigación	22
4.1.2.	Nivel de investigación	22
4.2.	Lugar de ejecución.....	22
4.3.	Población, muestra y unidad de análisis	22
4.3.1.	Población.....	22
4.3.2.	Muestra	22

4.3.3. Unidad de Análisis	22
4.4. Tratamientos en estudio.....	23
4.5. Prueba de hipótesis	23
4.5.1. Hipótesis nula	23
4.5.2. Hipótesis alternativa	23
4.5.3. Diseño de investigación	24
4.5.4. Datos a registrar	24
4.5.5. Técnicas, instrumentos de recolección y procesamiento de la información.....	24
4.5.5.1. Técnicas de recolección de datos.....	24
4.5.6. Instrumentos de recolección de datos.....	25
4.6. Materiales y equipos	26
4.6.1. Materiales (materia prima)	26
4.6.1.1. Adquisición de cáscara de papa	26
4.6.1.2. Adquisición de cáscara de plátano	26
4.6.2. Insumos y aditivos	26
4.6.3. Materiales de laboratorio	26
4.6.4. Equipos	26
4.6.5. Reactivos.....	27
4.7. Conducción de la investigación.....	27
4.7.1. Extracción y caracterización de almidón de cáscara de plátano y papa.....	28
4.7.1.1. Extracción de almidón de cáscara de plátano y papa	28
4.7.2. Metodología experimental de la obtención de bioplásticos a partir del almidón de cáscara de papa y plátano.	30
4.7.2.1. Caracterización fisicoquímica de almidón de cáscara de plátano y papa.....	31
a) Determinación de humedad y cenizas.....	31

b) Capacidad de Absorción de agua y solubilidad del almidón extraído de cáscara de plátano y papa.....	31
c) Determinación de °Brix de la cáscara de plátano.	32
4.7.3. Formulación del bioplástico a partir de almidón de cáscara de plátano y papa.....	32
4.7.4. Caracterización del bioplástico de almidón de cáscara de plátano y papa.....	33
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
5.1. Extracción y caracterización funcional del almidón de cáscara de plátano y papa..	34
5.2. Formulación del bioplástico a partir de almidón de cáscara de plátano y papa..	36
5.3. Caracterización del bioplástico de almidón de cáscara de plátano y papa.....	36
5.3.1. Determinación de opacidad en bioplástico.....	37
5.3.2. Determinación de espesor del bioplástico.....	38
5.3.3. Evaluación de la capacidad de absorción de agua del bioplástico	39
5.3.4. Evaluación de la densidad del bioplástico.....	41
5.3.5. Evaluación de color en el bioplástico	43
5.3.6. Evaluación de textura en el bioplástico	46
5.3.7. Función de deseabilidad en el bioplástico.....	47
VI. CONCLUSIONES	48
VII. RECOMENDACIONES	49
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
ANEXO 1. TESTIMONIO GRÁFICO.....	62
ANEXO 2. TESTIMONIO ESTADÍSTICO	67
ANEXO 3. Función de deseabilidad en el bioplástico	82

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición nutricional en 100 g de papa.	7
Tabla 2. Operacionalización de variables	21
Tabla 3. Proporciones de almidón de cáscara de plátano y papa para la formulación de un bioplástico.	23
Tabla 4. Caracterización funcional de almidón de cáscara de plátano y papa	34
Tabla 5. Opacidad del bioplástico de almidón de cáscara de plátano y papa	37
Tabla 6. Espesor del bioplástico de almidón de cáscara de plátano y papa	38
Tabla 7. Capacidad de absorción de agua del bioplástico de almidón de cáscara de plátano y papa	40
Tabla 8. Densidad del bioplástico de almidón de cáscara de plátano y papa	41
Tabla 9. Color del bioplástico de almidón de cáscara de papa y plátano	43
Tabla 10. Dureza del bioplástico de almidón de cáscara de plátano y papa	46
Tabla 11. ANOVA para opacidad por tratamientos	67
Tabla 12. ANOVA para densidad por tratamientos	67
Tabla 13. ANOVA para capacidad de absorción de agua por tratamientos.....	68
Tabla 14. ANOVA para espesor por tratamientos	69
Tabla 15. ANOVA para L por tratamientos	70
Tabla 16. ANOVA para a por tratamientos	70
Tabla 17. ANOVA para b por tratamientos	71
Tabla 18. ANOVA para ΔE por tratamientos	72
Tabla 19. ANOVA para textura por tratamientos.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema experimental del trabajo de investigación.....	27
Figura 2. Flujograma para la extracción de almidón de cáscara de plátano y papa	28
Figura 3. Flujograma para la elaboración del bioplástico a partir de almidón de cáscara de plátano y papa	30
Figura 4. Lavado de la cáscara de papa y plátano	62
Figura 5. Cortado de la cáscara de plátano.....	62
Figura 6. Cortado de la cáscara de papa	62
Figura 7. Molienda	62
Figura 8. Filtrado de la cáscara de papa	63
Figura 9. Filtrado de la cáscara de plátano	63
Figura 10. Sedimentación y decantación.....	63
Figura 11. Secado del almidón de papa y plátano.....	63
Figura 12. Tamizado del almidón de papa y plátano	64
Figura 13. Formulación y pesado del almidón de papa y plátano	64
Figura 14. Calentamiento y homogenización de las muestras.....	64
Figura 15. Vertido de las mezclas según formulación en placas petri.	65
Figura 16. Secado del bioplástico	65
Figura 17. Caracterización del bioplástico a base del almidón de papa y plátano.. ..	66

I. INTRODUCCIÓN

Lamentablemente, en la industria platanera se utiliza únicamente el fruto de la planta, lo que genera alrededor de 85% de los residuos (pseudotallos, hojas, tallos y cáscaras), por lo tanto, se necesita encontrar soluciones alternativas para los residuos. Las cáscaras del plátano componen el 30% del fruto. Hoy en día, es un residuo se aprovecha principalmente como alimento para animales o en peor de los casos no se aprovecha, lo que provoca la contaminación ambiental. Las cáscaras de plátano contienen fibra, potasio, aminoácidos esenciales, proteínas y ácidos grasos poliinsaturados. Asimismo, se considera como fuente viable de antioxidantes y agentes antimicrobianos, así como de compuestos fotoquímicos con actividad contra radicales libres. Se considera que alrededor de 1000 plantas de banano pueden llegar a producir de 20 a 25 toneladas de pseudotallos que podrían proporcionar alrededor del 50% del almidón alimentario (Anand & Maini, 1997).

Asimismo, la papa es un cultivo agrícola más trascendental en el Perú, tanto económico como social. Del mismo modo, alrededor de 600,000 familias penden de este cultivo y contribuyen aproximadamente US\$500 millones al producto interno bruto (PIB) anualmente. Las papas son el cultivo básico para el 87% de los agricultores peruanos y los pequeños productores que lo usan como alimento principal, por su alto valor nutricional, sin embargo, hoy en día se estima que se descarta alrededor de una cuarta parte de cáscaras y otros residuos de papa generados durante el procesamiento industrial (Melian Subiabre, 2010).

Por otra parte, la predominante fabricación de los plásticos principalmente a base de hidrocarburos, en diversas formas y presentaciones, están comenzando a generar una alarmante acumulación de estos en el medio ambiente, y dichos plásticos demoran cientos de años para poder descomponerse lo que viene ocasionando daños ambientales a varios ecosistemas y matando tanto especies marinas como terrestres. Se estima que cada año se acumulan 4.8 y 12.7 millones de toneladas de plástico en el medio ambiente, tanto en el océano como en la tierra, pero aún se desconoce el periodo de tiempo necesario para su absoluta degradación (Jambeck, 2015).

El uso y producción de plásticos biodegradables fabricados a partir de cáscara de plátano y papa, podría tener un gran impacto ecológico en el medio ambiente y sería de gran aprovechamiento en la reducción de problemas de contaminación, por consiguiente, se espera que la utilización de estos plásticos biodegradables contribuya a disminuir la contaminación asociada con los productos plásticos convencionales, al mismo tiempo aprovechar las cáscaras de plátano y papa para su elaboración.

Esta iniciativa abriría una nueva alternativa agroindustrial en la región de Huánuco, lo que garantizaría oportunidades laborales adicionales y estimularía el crecimiento económico. Además, mejoraría la calidad de la población al ofrecer un enfoque más sostenible y respetuoso con el medio ambiente en la fabricación y uso de bioplásticos.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general:

Formular y elaborar bioplásticos a partir de almidones de cáscara de plátano y papa.

2.2. Objetivos específicos:

- Evaluar las características físico-químicas del almidón de la cáscara de plátano y papa para la obtención de bioplástico.
- Calcular el porcentaje adecuado de almidón de cáscara de papa y de plátano para la obtención de un bioplástico de calidad.
- Evaluar las características físico-químicos, ópticos y físicos del bioplástico producido a partir de los almidones de cáscara de plátano y papa.

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Fundamentación teórica

3.1.1. Plátano (*Musa paradisiaca*)

El cultivo de plátano en el territorio peruano es de gran importancia tanto para el consumidor como para el productor y su familia, de manera especial en la región selva. El plátano se destaca como una fuente alimenticia crucial, contribuyendo significativamente a la seguridad alimentaria de quienes lo cultivan y sus familias (MINAGRI, 2014).

Además de su valor como alimento, el cultivo de plátano proporciona ingresos regulares a los agricultores, lo que representa un sustento económico para muchas familias en la región. Se estima que, en toda la cadena productiva del plátano, hay alrededor de 147,987 familias directa e indirectamente dependientes de este cultivo en el territorio peruano.

El plátano no solo beneficia a los agricultores y sus familias, sino que también desempeña un papel esencial en la economía local y en la seguridad alimentaria de la región. Por lo tanto, es crucial mantener y fomentar el desarrollo sostenible de este cultivo para asegurar el bienestar de las comunidades agrícolas y su contribución a la sociedad peruana.

El plátano es una fruta que se consume principalmente de dos formas: frita o sancochada, tanto en su estado verde como maduro. En el territorio peruano, se destacan algunas variedades comerciales importantes para el mercado, entre ellas se encuentran: "Bellaco", "Bellaco Plátano" e "Inguiri". Por otro lado, la variedad de banano se consume principalmente como fruta fresca y se encuentran variedades comerciales como: "Isla", "Seda" (Cavendish, Gros Michell), "Moquicho o Biscochito" y "Capirona" (Herrera & Colonia, 2011).

Cerca del 90% de la producción nacional de plátano se destina al consumo interno, mientras que el resto se comercializa a nivel regional, nacional e incluso para la exportación. El departamento de Lima se destaca como el mercado principal de consumo, absorbiendo aproximadamente el 8% de la producción total

procedente de las regiones de la selva y la costa norte del país (Farfán Briceño, 2020).

3.1.1.1. Clasificación botánica del plátano

(Farfán Briceño, 2020) menciona la clasificación botánica para el plátano:

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Liliopsida*

Orden: *Zingiberales*

Familia: *Musaceae*

Género: *Musa*

Especie: *Musa paradisiaca*.

3.1.1.2. Importancia nutricional del plátano (*Musa paradisiaca*)

El plátano (*Musa paradisiaca*) posee una importancia nutricional destacada, siendo una excelente fuente de alimentación para el consumidor. Contiene aproximadamente 90 calorías por cada 100 gramos y no contiene colesterol, lo que lo convierte en una opción saludable para incluir en la dieta. Además, es rico en potasio, proporcionando más del requerimiento diario de un adulto, que es aproximadamente 380 mg. El plátano también es una valiosa fuente de calcio y fósforo. Además, es una fuente fresca de piridoxina, también conocida como vitamina B6, un nutriente fundamental para la transformación del triptófano en serotonina, una sustancia con propiedades tranquilizantes que ayuda a reducir la ansiedad. Además de lo mencionado anteriormente, el plátano también aporta cantidades significativas de vitaminas C y magnesio, ácido fólico y fibra dietética, lo que contribuye a mejorar el estado de ánimo y fortalecer el sistema inmunológico, especialmente en casos de ansiedad. Dada su rica composición nutricional, los expertos recomiendan consumir de medio a dos plátanos al día, ajustando la cantidad según el nivel de tensión nerviosa que presente cada individuo. Todas estas propiedades hacen del plátano una fruta de gran importancia y beneficio en la dieta humana (Farfán Briceño, 2020).

Los plátanos verdes tienen un alto contenido de almidón, pueden contener entre un 70% y 80% de almidón en base seca e inclusive la cáscara puede contener hasta un 50% de almidón en base seca, representando una gran diversidad de uso debido a que su proceso para la obtención es de un costo menor. En la fruta madura el almidón es transformado gran parte en sacarosa, glucosa y fructosa (Dávila, 2014).

3.1.1.3. Cáscara de plátano.

Las cáscaras de plátano usadas industrialmente representan el 35% - 40%, del peso total de la fruta, dando una cantidad considerable de residuos que pueden utilizarse para producir complejos enzimáticos (Manjarrés, 2010).

3.1.2. Papa (*Solanum tuberosum*)

La papa es uno de los cultivos más importantes en sector agrícola peruano, tanto económica como social. Asimismo, casi 600,000 familias dependen de su cultivo y aportan aproximadamente US\$500 millones al producto interno bruto (PIB) anualmente. Para el 87% de los agricultores de la sierra peruana la papa es el cultivo principal, para los pequeños productores que la utilizan como alimento básico por su valor nutricional (Melian Subiabre, 2010).

3.1.2.1. Clasificación botánica de la papa.

(MINAG, 2011) menciona la clasificación botánica para la papa:

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Orden: *Solanales*

Familia: *Solanaceae*

Género: *Solanum*

Especie: *Solanum tuberosum*

3.1.2.2. Importancia nutricional de la papa (*Solanum tuberosum*)

En la región de los Andes (especialmente Perú) representa una de las áreas de distribución más importantes de la papa a nivel mundial; siendo un alimento de gran importancia por su alto valor nutricional para la seguridad alimentaria, con bajo contenido de azúcar y alto en contenido de almidón, del mismo modo, tiene gran versatilidad en preparaciones gastronómicas, y es utilizado como materia prima en diversos procesos industriales (Soto, 2016)

3.1.2.3. Composición de la papa

(Burgos, 2019) señala que 100 gramos de papa contienen algunos de los siguientes componentes:

Tabla 1. Composición nutricional en 100 g de papa.

100 gramos de papa	
Componentes	Composición
Energía	96 a 123 Kcal
Humedad	78 g
Almidón	16 a 20 g
Proteína	1.76 a 2.95 g
Potasio	150 a 1386 mg
Fósforo	42 a 120 mg
Vitamina C	7.8 a 20.6

Fuente: (Burgos, 2019).

3.1.2.4. Cáscara residual de la papa

Las cáscaras de papa, se consideran sin valor en la industria de la papa. Sin embargo, contiene una gran cantidad de almidón y tiene una excelente textura y viscosidad (Cieza, 2018).

3.1.3. Almidón

El almidón es un polisacárido vegetal, un componente importante en muchos productos agrícolas como los cereales: (maíz, trigo, arroz) con un contenido que oscila entre el 30 al 80 % en base seca; legumbres como: (frijol, chícharo, haba) de 25 a 30 % en base seca, en tubérculos (papa, yuca), entre un 60 y 90 % en base

seca; también se encuentran en algunas frutas como polisacáridos de reserva energética, su concentración varía según el estado de madurez de la fuente, el plátano y el mango en estado verde tienen hasta un 70 % de almidón en base seca (Hernández-Uribe, 2008).

3.1.3.1. Estructura química del almidón

El almidón y el glucógeno, son las formas más comunes de almacenamiento de carbohidratos en animales y plantas. Ya que estos están compuestos únicamente por unidades de glucosa. El almidón está conformado por amilosa (15-30 %) y amilopectina (70-85%). La primera consiste de cadenas largas plegadas en forma de hélice, constituida de moléculas de glucosa unidas por enlaces α -1-4; contiene más o menos 1000 moléculas de glucosa (Kossmann & Lloyd, 2000). La segunda está constituida por enlaces tanto α -1-4 como α -1-6, siendo este último el más numeroso. Este polímero es ramificado, a diferencia del primero. Sus componentes principales son cadenas lineales organizadas de 15 a 35 unidades de glucosa y están conectadas por enlaces α -1-4. La amilopectina contiene un 5-6% de enlaces α -1-6 y consta de aproximadamente 100,000 moléculas de glucosa. La amilosa es una molécula hidrofóbica y esta propiedad le permite formar complejos cuando se precipita con lípidos o yodo. Las partes lineales de la amilopectina pueden formar también complejos con el yodo (Mestres, 1996). La estructura cristalina del almidón, se encuentra regida por la parte lineal de la amilopectina (Mestres, 1996) (Svensson & Eliasson, 1995).

3.1.3.2. Usos del almidón

Las principales aplicaciones industriales del almidón se encuentran en las industrias del papel, farmacéutica, química, y de fermentaciones; sin embargo, también ha tenido una gran importancia en el ámbito ecológico para la producción de plásticos biodegradables (Jane et al., 1999), debido a lo cual la producción de almidón ha tenido un gran auge. Debido a las propiedades funcionales del almidón, ha sido considerablemente aprovechable en industrias alimentarias como agente espesante, relleno, agente aglutinante y gelificante para una amplia gama de ingredientes. Las cantidades de almidón para uso en la industria alimentaria y no alimentaria es formidable y, de hecho, es un indicador transcendental en la

economía de diversos países. La producción de almidón es una de las agroindustrias más importantes en el ámbito mundial, cuya demanda está marcada por la versatilidad del producto (Hernández-Uribe et al., 2008).

Debido a que el almidón es usado en alimentos (helados, mermeladas, mayonesas) y en procesos industriales no alimentarios, por ejemplo en papel, plástico y, farmacéuticos (Kennedy et al., 1988), la demanda de almidón se ha incrementado sustancialmente durante la última década. Uno de los usos más importantes, es la transformación enzimática del almidón extraído del maíz en jarabes de maíz altos en fructosa (Beaujean et al., 2000).

3.1.3.3. Propiedades funcionales del almidón

En casi todos los productos alimenticios y otras aplicaciones industriales, el almidón debe someterse a un tratamiento térmico para mantener sus propiedades funcionales en los productos que contienen almidón. Los geles de almidón formados tras el calentamiento en exceso de agua, refrigeración y almacenamiento implican varias transiciones de fase, tales como gelatinización, pasting, gelificación, y retrogradación (Alamri et al., 2012). Las propiedades funcionales han dependido durante mucho tiempo de una serie de factores integrados que comprenden en la composición del polímero: organización entre cadenas, estructura molecular y pequeños componentes como los grupos fosfato éster (típicos de amilopectina de la papa), los lípidos y las proteínas. Resultando almidones de diferentes orígenes botánicos con diferentes propiedades físicas y funcionales. Además, la modificación química, enzimática y física de almidón, ya sea con la preservación o destrucción del gránulo nativo, amplía las propiedades de funcionalidad (Whistler et al., 2012)

Para aprovechar plenamente las cualidades funcionales del almidón en diversos productos, es necesario someterlo a un proceso térmico en la mayoría de los alimentos y otras aplicaciones industriales. Durante este proceso, el almidón forma geles que resultan de calentar en exceso agua, enfriar y almacenar. Estos geles implican varias transiciones de fase, como la gelatinización, el pasting, la gelificación y la retrogradación (Alamri et al., 2012).

3.1.4. Bioplástico

Los plásticos elaborados parcial o totalmente de polímeros de materiales de fuentes renovables se denominan bioplásticos (BPL). La característica principal del BPL es la biodegradación, lo que significa degradación y destrucción por la acción de hongos y bacterias en condiciones ambientales específicas durante 28 y 60 días, en un ambiente seco o en compost natural dentro de 90 días. Actualmente, los siguientes grupos de polímeros son considerados como bioplástico: el PHA (polihidroxialcanoato), PLA (Ácido poliláctico) almidón (y 28 almidones complejos) y otros poliésteres sintéticos, posiblemente de origen petrolífero” (Ecoembes, 2007)

La principal ventaja del bioplástico, es que se descompone en menos de un año, a diferencia de los plásticos derivados del petróleo, que tardan unos 1200 años en descomponerse, lo que tiene un impacto negativo en el medio ambiente (Guamán, 2019).

Los bioplásticos elaborados a base del almidón de plátano tienen las mismas propiedades que los plásticos elaborados a partir de derivados de petróleo, la diferencia entre el plástico que se produce actualmente y el plástico que se produce a partir del almidón es que este último es totalmente biodegradable y no tóxico, una vez descompuesto, puede ser utilizado como materia prima de compost (fertilizante orgánico) (Castillo, 2015).

3.1.4.1. Formación de películas

Es un proceso mediante en el que se forma una fase sólida a partir de una fase líquida. Hay dos métodos para la formación de películas; el proceso seco y húmedo. El primer proceso se basa en las propiedades termoplásticas de los biopolímeros que se calienta sobre su temperatura de transición vítrea en procesos como extrusión y el moldeo por compresión en condiciones bajo contenido de agua. Mientras el proceso húmedo está basado en la disolución formadora de película (DFP), donde los biopolímeros son inicialmente dispersados o solubilizados en una fase líquida y posteriormente, son secados

El proceso de formación de películas es aquel en el cual una fase líquida se transforma en una fase sólida. Existen dos métodos para crear estas películas: el proceso seco y el proceso húmedo. En el proceso seco, se aprovechan las propiedades termoplásticas de los biopolímeros, los cuales se calientan por encima de su temperatura de transición vítrea. Esto ocurre en procesos como la extrusión y el moldeo por compresión en condiciones de bajo contenido de agua. Por otro lado, el proceso húmedo se basa en la disolución formadora de película (DFP), donde los biopolímeros se dispersan o solubilizan inicialmente en una fase líquida y luego se someten a un proceso de secado para formar la película sólida. Ambos métodos permiten obtener películas con diferentes propiedades y aplicaciones en diversos sectores industriales. (Bertuzzi, 2016).

Según (Aguilar Mendez, 2008), la formación de una película o recubrimiento puede implicar uno de los siguientes procesos:

- Coacervación simple: Este proceso se logra mediante cambios de fase o precipitación de un hidrocoloide en disolución acuosa, modificado por propiedades del solvente, como el pH y las cargas eléctricas. Estas modificaciones permiten la formación de la película.
- Coacervación compleja: Aquí se combinan dos soluciones de hidrocoloides con cargas eléctricas opuestas, lo que da lugar a la interacción y precipitación de una mezcla de polímeros, generando la película deseada.
- Gelificación o coagulación térmica: En este proceso, el calentamiento del polímero provoca su desnaturalización, seguida de la gelificación o precipitación. Luego, enfriando la dispersión de hidrocoloides, se produce una transición de estado de gel-sol.
- Eliminación del disolvente: La formación de una película sólida ocurre mediante la evaporación del solvente aplicado. Para obtener una película con propiedades mecánicas adecuadas, es necesario ajustar una temperatura correcta y velocidad del secado.

(Antezana Mercado & Herrera Leo, 2019) mencionan que las películas biopoliméricas generalmente no pueden formarse por extrusión como los polímeros sintéticos, ya que no tienen puntos de fusión definidos y se descomponen al

calentarse. La formación de la película generalmente involucra la unión intermolecular e intramolecular o la reticulación de cadenas de polímeros que forman una red tridimensional semirrígida que atrapa y refrena los solventes. El nivel de adhesión depende de la organización del polímero, el disolvente utilizado, la presencia de otras moléculas y la temperatura. La presencia de lípidos en formulaciones o películas compuestas contribuye sobre la superficie del producto un atractivo acabado vítreo.

3.1.4.2. Factores que influyen en la obtención de películas

(Ceron, 2010), menciona que los factores o condiciones que influyen en la formación de películas son los siguientes:

- Tipo de solvente: El tipo de solvente utilizado en el proceso de formación de películas puede tener un impacto significativo en las propiedades y características de la película final. Diferentes solventes pueden afectar la solubilidad de los componentes y la estabilidad de la película.
- pH: El pH del medio puede influir en las cargas eléctricas de los componentes y, por lo tanto, en la interacción entre ellos durante la formación de la película. Los cambios en el pH pueden afectar la estabilidad y la estructura de la película.
- Concentración de componentes: La concentración de los diferentes componentes utilizados en la formulación de la película puede modificar su viscosidad y propiedades físicas. Un adecuado ajuste de las concentraciones es esencial para obtener una película con las características deseadas.
- Temperatura: La temperatura del proceso de formación de la película puede afectar la velocidad de reacción y la cinética del proceso.
- El tipo y concentración de los aditivos: La incorporación de aditivos en la formulación de la película, como plastificantes, agentes entrecruzantes, antimicrobianos, antioxidantes, emulsificantes, entre otros, puede alterar sus propiedades y desempeñar funciones específicas para el uso previsto.

3.1.4.3. Principales propiedades de las películas

3.1.4.3.1. Propiedades físicas de las películas

3.1.4.3.1.1. Solubilidad

La solubilidad de las películas en un entorno acuoso es un factor determinante para su integridad. En general, cuando una película es más soluble, tiende a tener una menor resistencia al agua, lo que puede afectar negativamente su desempeño en aplicaciones futuras como recubrimientos. Además, la solubilidad también puede ser un indicador de la biodegradabilidad de las películas, ya que aquellas que son altamente solubles en agua tienden a degradarse más fácilmente en el medio ambiente. (Roblejo Perea, 2009).

3.1.4.3.1.2. Espesor

El espesor de las películas es un factor determinante que influye en las características físicas de los biopolímeros. A medida que el espesor de las películas aumenta, también aumenta la resistencia a la transferencia de masa. Como resultado, se produce un incremento en la presión parcial del vapor de agua en equilibrio en la superficie inferior de la cubierta (Morales Reyes & Chacon, 2014).

3.1.4.3.1.3. Capacidad de retención de agua (CRA)

La capacidad de retención de agua (CRA) es un indicador indirecto de la interacción entre proteínas y grasas a través de enlaces hidrofóbicos, así como de su habilidad para unirse con compuestos lipofílicos (Bermúdez & Evandro, 2011). Este parámetro fisicoquímico es de gran importancia debido a su contribución a la calidad de películas comestibles, ya que se relaciona directamente con la textura y firmeza de las mismas (Bohórquez et al., 2016), Además, está asociado con la predicción de la conservación y almacenamiento de productos alimenticios en envases (Srinivasa et al., 2007). En determinados casos, una mayor capacidad de retención de agua puede ser deseable para absorber el exceso de humedad en la superficie de alimentos con alto contenido de agua (Moradi et al., 2012).

3.1.4.3.1.4. Densidad

Para determinar la densidad de un objeto de manera indirecta, se lleva a cabo una medición separada de su volumen y masa, y luego se procede a calcular la densidad. La masa se mide comúnmente utilizando una balanza, mientras que el volumen puede determinarse mediante la evaluación de la forma del objeto y la medición de las dimensiones adecuadas, o mediante métodos como el desplazamiento de un líquido, entre otros (Oregel-Zamudio et al., 2016).

3.1.4.4. Propiedades ópticas

3.1.4.4.1. Opacidad

Esto se refiere a la incapacidad de transmitir luz, los materiales en capas delgadas tienen cero (0) transmisión y opacidad dependiendo del espesor. Esto incluye situaciones en las que una materia bloquea incompleto o por completo el paso de los rayos de luz.

3.2. Investigaciones sobre bioplásticos

En Trujillo, (Chinchayhuara Capa & Quispe Llaure, 2018) en su investigación desarrollaron bioplásticos a partir de residuos orgánicos con características similares a los plásticos convencionales, con el objetivo de reemplazar el uso de plásticos sintéticos, que tienen un impacto ambiental significativo. Para ello, utilizaron cáscaras de plátano y mango como materia prima, ya que son residuos orgánicos abundantes y representan un gran problema medioambiental. Las cáscaras de mango y plátano se obtuvieron del mercado local y se compraron 1 kg de cada fruta. El proceso de elaboración del bioplástico fue sencillo, utilizando ácido acético o vinagre blanco, agua, glicerina vegetal y cáscaras de plátano y mango licuadas para crear una mezcla homogénea a una temperatura específica. Luego, se colocaron en moldes y se dejaron secar a temperatura ambiente. Los resultados obtenidos mostraron que el bioplástico elaborado a partir de cáscaras de plátano tenía una biodegradabilidad de 0.009g en un período de dos semanas, una densidad de 0.6049 (g/cm³), era flexible y tenía un peso de 1.2098 g. Por otro lado, el bioplástico derivado de cáscaras de mango tenía una biodegradabilidad de

0.001g en dos semanas, una densidad de 0.2752 (g/cm³), también era flexible y tenía un peso de 0.5510 g.

En Piura, (Garrido Correa, 2020) en su trabajo de investigación logró elaborar láminas biodegradables utilizando como insumos el almidón de papa, cáscara de palta y cáscara de banano. Esto con el propósito de poder crear biopolímeros con un valor agregado y amigables con el medio ambiente a partir de desechos agroindustriales. La producción de láminas mediante la reestructuración del almidón de la papa, obtenido del tubérculo mediante el método húmedo. Cuando el almidón entra en contacto con el agua y se somete a calor (70°C en este caso), se infla esto se debe a que las moléculas de hidrogeno se combinan con las moléculas del almidón para formar un gel, que se reestructura en una lámina al enfriarse. cuando se deja sobre una superficie plana. el mismo que al enfriarse se reestructura formando láminas si se deja reposar en superficies planas. En este proyecto se utilizaron tres formulaciones para la producción de películas biodegradables y se obtuvieron muestras que contenían 0,03%, 0,06% y 0,09% de cáscara de palta. Se estudiaron las propiedades fisicoquímicas de las películas y se encontró que tenían un pH promedio de 7,89 para la primera muestra 7,71 para la segunda y 7,24 para la tercera muestra. Las tres películas no mostraron una acidez Titulable y eran productos ligeramente básicos. El contenido promedio de humedad de las formulaciones fue: 8,48%, 11,25% y 11,51% respectivamente para la muestra de cáscara de palta al 0,03%, 0,06% y 0,09%, respectivamente. Además, las propiedades mecánicas de varias láminas se determinaron sometiéndolas al Analizador de Textura TA.XT. Plus, además, los resultados medios para la tensión o la resistencia de tracción fueron: 17,97 MPa, 20,49 MPa y 25,00 MPa para la primera, segunda y tercera formulación. Por otro lado, en cuanto a elongación o deformación promedio, las láminas obtuvieron un 6,63% para la muestra con 0,03% de cáscara, 10,36% y 3,77% para las formulaciones de 0,06% y 0,09% de cáscara correspondientemente.

En Puno, (Quispe Maquera, 2022) en su investigación elaboró un bioplástico a partir del reaprovechamiento de cáscaras de plátano (*Musa paradisiaca*), donde se recolectó las cáscaras de plátano *Musa paradisiaca* en los establecimientos de juguerías ubicados en la Avenida del Niño al costado del mercado central de la ciudad de Llave. Este residuo orgánico se usó como materia prima, ya que es una

de las frutas más comercializadas en dicho lugar dando como resultado un residuo útil para la producción de plásticos. El estudio fue experimental - cuasiexperimental, y la población se conformó por todos los residuos de cáscara de (*Musa paradisiaca*) (plátano), recolectados de seis establecimientos, ubicados al costado del mercado central producidos por los vendedores de jugos, la muestra se recogió en días alternos un total de 8.4 kg. Originadas durante 6 días. Por lo tanto, se implementó un método para la producción de bioplásticos; se preparó 104 g, usando reactivos como: agua destilada, glicerina, vinagre y maicena, creando con estos una mezcla homogénea a cierta temperatura de ambiente y finalmente se dejó secar en un molde a temperatura ambiente. y posteriormente se llevó a cabo la práctica de los experimentos de biodegradación del bioplástico obtenido por un tiempo de 50 días con 3 muestras de 10 cm de largo y 10 cm de ancho cada una puesta en tierra húmeda, agua y en temperatura ambiente, en cuanto a las densidades se obtuvo una densidad promedio del plástico de cáscara de plátano 0.0035 g/cm^3 y en el cual se cotejó con una muestra testigo botella descartable donde se obtuvo 0.001 g/cm^3 . ya que proporciona una mejor flexibilidad.

En Lima, (Sanchez Hernandez, 2017) El estudio realizado tuvo como objetivo comparar la calidad de bioplásticos obtenidos a partir del almidón de residuos de papa y camote provenientes de restaurantes del mercado central del distrito de Independencia. El proceso de elaboración de los bioplásticos comenzó con la producción de almidón a partir de los residuos de papa y camote. Luego, se mezcló el almidón con ácido acético, glicerina y agua destilada. Posteriormente, esta mezcla se calentó durante 5 minutos. Los bioplásticos resultantes se esparcieron en placas de vidrio de 25x25 y se dejaron secar durante aproximadamente 3 días a temperatura ambiente. Una vez completado el proceso de elaboración, los bioplásticos se trasladaron en bolsas de empaque hasta el laboratorio LABICER de la Universidad Nacional de Ingeniería para realizar ensayos mecánicos. Los resultados del ensayo mecánico mostraron que la fuerza de elongación de los bioplásticos obtenidos del almidón de residuos de camote fue de $18,67 \pm 6,17 \%$, siendo este valor mayor que la fuerza de elongación de los bioplásticos obtenidos del almidón de residuos de papa, que fue de $10,85 \pm 2,50 \%$. Además, se observó que la fuerza de tracción de los bioplásticos provenientes de residuos de camote fue de $1,88 \pm 0,92$ newton, mientras que la fuerza de tracción

de los bioplásticos obtenidos de los residuos de papa fue de $0,93 \pm 0,14$ newton. Por último, se encontró que la fuerza de tracción de los bioplásticos obtenidos de los residuos de camote fue de $0,148 \pm 0,92$ (Mpa), y la fuerza de elongación fue de $18,67 \pm 6,17$, respectivamente. Estos valores no superaron los del polietileno de baja densidad, que presentó una fuerza de tracción de $6,98 \pm 0,095$ (Mpa) y una fuerza de elongación de $51,25 \pm 0,95$ %.

En Lima, (Meza, 2016) en su estudio, el objetivo principal fue desarrollar bioplásticos en un entorno de laboratorio utilizando residuos de papa de la variedad 'Yungay' y evaluar su biodegradación siguiendo la Norma ISO 17556:2012. La investigación se dividió en tres etapas: extracción del almidón, producción del bioplástico y pruebas de biodegradación. En la primera etapa, se empleó el método de decantación con algunas adaptaciones debido a la naturaleza del residuo. También se evaluaron variantes basadas en los factores utilizados en pequeñas industrias de procesamiento de papas para freír, como la adición de un antioxidante y la variación de la temperatura, con el fin de determinar la metodología más eficiente para obtener una mayor cantidad de almidón. Una vez establecida esta metodología, se procesaron 20 kg de papa para evaluar sus características y obtener el almidón necesario para la producción del bioplástico. Los resultados mostraron una relación de amilosa/amilopectina de 26.21/73.79 y una similitud del espectro evaluado del 89.8% con respecto al espectro del almidón soluble. En la segunda etapa, se empleó un método basado en la hidrólisis química del almidón para polimerizarlo y obtener el bioplástico. Se añadieron plastificantes como el agua y el glicerol, y se evaluaron las características físicas y mecánicas de los bioplásticos elaborados con diferentes cantidades de aditivos. Una vez definido el bioplástico más resistente, se utilizó esa metodología para su producción final. Las pruebas de tracción mostraron un esfuerzo máximo de 1.47 MPa y una elongación mayor del 19.99%. Además, el análisis infrarrojo (FTIR) indicó variaciones en los picos que explican la formación de enlaces característicos del bioplástico. En la última etapa, se evaluó la biodegradación del bioplástico utilizando compost como medio de degradación, y se comparó con un control negativo (polietileno de baja densidad) y un control positivo (celulosa). El bioplástico alcanzó una biodegradabilidad del 64.21%, seguido de cerca por la celulosa con el 63.51%,

mientras que el polietileno de baja densidad (PEBD) solo obtuvo un 6.95%. El blanco obtuvo una degradación del 0.83%.

En Colombia, (Giraldo et al., 2014), realizó caracterizaciones morfológicas, químicas y térmicas en su estudio. Utilizaron varias tinciones para reconocer las estructuras donde residía la lignina, la celulosa, los lípidos y el almidón. Luego utilizaron los métodos Van Soest y de lignina de Klason para determinar los niveles extraíbles en cloroformo-metanol, celulosa, hemicelulosa y cenizas. El análisis térmico lo realizaron utilizando TGA – (Análisis Termogravimétrico) y DSC – (Calorimetría Diferencial de Barrido). La cáscara de plátano contenía 23.03% de hemicelulosa, 11.91% de humedad residual, , 29.87 % de lignina, 23.02 % de celulosa y 0.78 % de cenizas, asimismo, del almidón observado por tinción con Lugol se tuvo un contenido de holocelulosa (hemicelulosa y celulosa) cercano al 46.05%, que es apto para la fabricación de papel y presentó un contenido de humedad inferior al 20% y bajo contenido de cenizas, la que le hace útil para todas las aplicaciones térmicas con un bajo impacto ambiental. A pesar de que, el contenido de almidón se evidenció cercano al 12%, es dable obtener de ella un bioplástico. En base a estos resultados, se realizaron dos estudios: un biopapel y un bioplástico para obtener de este material un uso particular. Con el primero no se consiguió un producto con buena resistencia mecánica, mientras que con el segundo se consiguió un bio-material con buenos resultados en términos de durabilidad y apariencia.

En Ecuador, (Torres Andrade, 2021) En el estudio realizado, el objetivo fue elaborar bioplástico utilizando almidón de cáscara de papa (*Solanum tubersum*) y cáscara de papaya (*Carica Papaya L.*) con el propósito de crear envolturas biodegradables para alimentos. Para obtener el almidón, se licuó la cáscara de papa con agua destilada utilizando un proceso de extracción en vía húmeda. Se llevaron a cabo seis tratamientos con cuatro repeticiones, variando la velocidad y el tiempo para establecer el tratamiento más eficiente, que resultó ser el tratamiento seis, con un rendimiento del 5,421%. Posteriormente, se realizaron caracterizaciones microbiológicas y fisicoquímicas tanto del almidón como de la cáscara de papaya. Como la cáscara de papaya no presentaba almidón, se utilizó como aditivo. La producción de los dos tipos de bioplásticos se llevó a cabo mediante un diseño de factor 2K, ajustando las concentraciones de glicerina,

almidón y cáscara de papaya, mientras que el ácido acético y el agua se mantuvieron constantes. Luego, los bioplásticos se secaron a 21°C para obtener un producto final transparente. Se realizaron también caracterizaciones mecánicas y físico-químicas de los bioplásticos, y se determinó que el tratamiento TPP2 fue el más óptimo, arrojando los siguientes resultados: 11,717% de humedad; 0,21 mm de espesor; 43,943% de solubilidad; en las pruebas mecánicas de tracción se obtuvo un 46,6% de elongación. Además, se encontró que estos bioplásticos tenían una biodegradabilidad del 29,743% en compost durante 15 días y del 26,502% en el ambiente.

En Bolivia, (Batvani Larrea, 2015), en su estudio para la obtención de plásticos biodegradables a partir del almidón de la papa por adición de agentes plastificantes". Utilizó almidón de papa, glicerina, urea agua destilada, y ácido acético. Pudo demostrar que cantidades elevadas de glicerina varían negativamente al producto deseado deduciendo que la muestra 12 es la ideal debido a sus propiedades de plasticidad, maniobrabilidad, estabilidad en su masa y factibilidad de su procesamiento, presentando las siguientes proporciones: 30% almidón, 50% agua ,10% glicerina, 5% urea y 5% de ácido acético. El ácido se agregó cerca de la temperatura de gelatinización del producto deseado. Por el contrario, las mezclas restantes presentaron condiciones deficientes, lo resultando débiles y con baja plasticidad, por lo que la composición de esta muestra es la apropiada para preparaciones de plásticos biodegradables. Como resultado, encontraron que el producto procesado tenía una resistencia a la tracción de 0,0015 MPa con una elongación del 25% de su longitud inicial. Con relación al contenido de agua, el contenido de humedad fue de 8,29%, la solubilidad fue menores al 10% de las 67 muestras, siendo para el agua destilada, agua potable y cloroformo 7,48%; 3,78% y 0,050% individualmente, las muestras fueron disueltas en agua hirviendo. Cuando la muestra se almacenó en el suelo, mostró signos de degradación biológica.

3.3. Hipótesis

3.3.1. Hipótesis general

Evaluando adecuadamente la formulación del almidón de la cáscara de papa y plátano, es posible la obtención de un bioplástico a partir de cáscara de papa y plátano obtenidos de pollerías y tacacherías de la ciudad de Huánuco.

3.3.2. Hipótesis específicas

Conociendo la composición físico-químico del almidón de la cáscara de papa y plátano es viable la obtención de un bioplástico.

Calculando el porcentaje adecuado de almidón de cáscara de papa y de plátano es posible la obtención de un bioplástico de calidad.

Evaluando las características fisicoquímicas y ópticas del bioplástico obtenido tendrá propiedades de buena calidad.

3.4. Variables

3.4.1. Variable independiente

Diferentes proporciones de almidones de cáscara de papa y plátano.

3.4.2. Variable dependiente

Análisis de las propiedades físicas, ópticas, de los bioplásticos de almidón de cáscara de papa y plátano.

Determinación de las características fisicoquímicas (humedad, cenizas, índice de solubilidad de agua y capacidad de absorción de agua), óptica (color) y física (densidad, espesor, capacidad de absorción de agua, color y textura).

3.4.3. Operacionalización de variables

Tabla 2. Operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores
Independiente	- porcentajes	T ₁ = 90 % - 10 %
Diferentes		T ₂ = 80 % - 20 %
proporciones de		T ₃ = 70 % - 30 %
almidones de		T ₄ = 60 % - 40 %
cáscara de papa y		T ₅ = 50 % - 50 %
plátano		T ₆ = 40 % - 60 %
		T ₇ = 30 % - 70 %
		T ₈ = 20 % - 80 %
		T ₉ = 10 % - 90 %
Dependientes	- Análisis	• humedad (%)
Características	Fisicoquímicos	• cenizas (%)
físicas,	del bioplástico	• índice de solubilidad de agua (%)
fisicoquímicas y		• capacidad de absorción de agua (%)
ópticas del		• física:
bioplástico		densidad (g/cm ³)
evaluadas a partir		espesor (mm)
de los		capacidad de absorción de agua (g/g)
tratamientos.		color (L*, a*, b*)
		opacidad (nm/mm)
		textura (N/mm ²)

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Tipo y nivel de investigación

4.1.1. Tipo de investigación

La investigación fue aplicada ya que su enfoque estuvo dirigido a la formulación de un bioplástico utilizando almidones obtenidos a partir de residuos de cáscara de plátano y papa.

4.1.2. Nivel de investigación

Experimental, las variables independientes fueron manipuladas intencionalmente y midiendo el efecto de las variables dependientes.

4.2. Lugar de ejecución

El trabajo de investigación se llevó a cabo en varios laboratorios de la Carrera Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Los laboratorios involucrados en el estudio fueron: laboratorio de Operaciones Unitarias, laboratorio Físicoquímico y laboratorio de Análisis por Instrumentación.

4.3. Población, muestra y unidad de análisis

4.3.1. Población

Cáscara de plátano y papa provenientes de pollerías y tacacherías de la ciudad de Huánuco.

4.3.2. Muestra

10 kg de cáscara de plátano y papa provenientes de pollerías y tacacherías de la ciudad de Huánuco para la formulación de un bioplástico.

4.3.3. Unidad de Análisis

Bioplástico elaborado a partir de almidón de cáscara de plátano y papa.

4.4. Tratamientos en estudio

Para determinar si es posible formular un bioplástico óptimo a partir de almidón de cáscara de plátano y papa que influyan a través de las características fisicoquímicas, ópticas, como se indica en la Tabla 3.

Tabla 3. Proporciones de almidón de cáscara de plátano y papa para la formulación de un bioplástico.

Tratamientos	Almidón de cáscara de plátano (%)	Almidón de cáscara de papa (%)	Análisis en estudio
T ₁	90	10	Espesor (mm)
T ₂	80	20	Densidad (g/cm ³)
T ₃	70	30	Capacidad de
T ₄	60	40	retención de agua
T ₅	50	50	(g/g)
T ₆	40	60	Color (L*, a*, b*)
T ₇	30	70	Opacidad (nm/mm)
T ₈	20	80	Dureza (N/mm ²)
T ₉	10	90	

4.5. Prueba de hipótesis

4.5.1. Hipótesis nula

H₀: Proporciones de almidón extraído a partir de cáscara de plátano y papa para la formulación de un bioplástico no influyen en las características fisicoquímicas y ópticas.

$$H_0: T_1 = T_2 = T_3 = T_4 = T_5 = T_6 = T_7 = T_8 = T_9 = 0$$

4.5.2. Hipótesis alternativa

H₁: Al menos una de las proporciones de almidón extraído a partir de cáscara de plátano y papa para la formulación de un bioplástico no influyen en las características fisicoquímicas y ópticas.

$$H_1: \text{Al menos } T_n \neq 0$$

4.5.3. Diseño de investigación

Después de obtener almidón de cáscara de plátano y papa procedentes de pollerías y tacacherías de la ciudad de Huánuco, se utilizó diferentes proporciones de almidón de cáscara de plátano y papa para la formulación del bioplástico. Para ello se propone someter los resultados obtenidos a un modelo matemático correspondiente al Diseño Completamente al Azar (DCA) para determinar diferencias estadísticas entre los tratamientos, cuya ecuación es la siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : Características fisicoquímicas y ópticas de bioplásticos obtenidos a partir de almidones de cáscara de plátano y papa sometidos al efecto i- ésima extracción.

μ = Efecto de la media general

T_i = Efecto del i- ésimo diferentes proporciones de almidón de plátano y papa.

ε_{ijk} =Efecto del error experimental.

Los datos obtenidos se evaluaron a través del análisis de varianza ANOVA ($p=0.05$) con 9 tratamientos.

4.5.4. Datos a registrar

De acuerdo con los objetivos y las variables de la investigación, se registró la cantidad de materia prima, insumos utilizados, las proporciones de almidón de cáscara de plátano y papa en diversas formulaciones, propiedades físicas y ópticas del bioplástico utilizando las siguientes técnicas e instrumentos de recolección.

4.5.5. Técnicas, instrumentos de recolección y procesamiento de la información

4.5.5.1. Técnicas de recolección de datos

a. Técnicas de investigación bibliográfica

- Análisis documental. - Nos permitió determinar el análisis del material estudiado.

- Análisis del contenido. - Se estudió de forma objetiva y sistemática el documento leído.
- Fichaje. - Se utilizó para construir el marco teórico de la presente investigación.

b. Técnicas de campo

- Observación. – Esto nos permitió recopilar datos directamente del proceso de formulación de bioplásticos a partir de diferentes proporciones de almidón de cáscara de plátano y papa, evaluando su efecto en las características fisicoquímicas, ópticas para las conclusiones de la presente investigación.

4.5.6. Instrumentos de recolección de datos

En la investigación, se emplearon diferentes instrumentos para la obtención de datos, los cuales fueron elaborados de acuerdo con el diseño del estudio:

a. Recolección de información bibliográfica.

- Se utilizaron fichas de investigación o documentación para registrar la información relevante encontrada en fuentes bibliográficas. Se realizaron comentarios y resúmenes de los materiales consultados.
- Se emplearon fichas de registro o localización para organizar y ubicar las referencias bibliográficas, demografías e información obtenida de internet.

b. Recolección de información en laboratorio.

- Se llevaron notas de observación durante el trabajo en el laboratorio para registrar los procedimientos, resultados y observaciones relevantes.
- Se utilizó una cámara fotográfica para documentar visualmente el proceso y los resultados obtenidos en el laboratorio.

c. Procesamiento y presentación de resultados.

- Los datos recolectados fueron ordenados y procesados utilizando el software Microsoft Office 2016, con sus hojas de texto Word y cálculos Excel.
- Los resultados se presentaron en tablas y figuras, según corresponda al diseño de investigación.

- Para el procesamiento de datos estadísticos, se empleó el software estadístico Statgraphics.

4.6. Materiales y equipos

4.6.1. Materiales (materia prima)

4.6.1.1. Adquisición de cáscara de papa

Cáscara de plátano bellaco para la extracción del almidón, se utilizó 10 kilogramos que fueron adquiridas de tacacherías: Mérida de la ciudad de Huánuco.

4.6.1.2. Adquisición de cáscara de plátano

- Cáscara de papa canchán para la obtención de almidón, en la que utilizó 10 kilogramos procedente de las pollerías: Mafer de la Ciudad de Huánuco.

4.6.2. Insumos y aditivos

- Glicerina A.R marca CDH®.
- Alcohol comercial de 96° de pureza, marca Inka Farma

4.6.3. Materiales de laboratorio

- Vasos precipitados de 50mL, 100 mL, 250 mL, 500 mL.
- Matraz de Erlenmeyer de 100mL, 200 mL y 250 mL.
- Probetas de 100 mL, 200 mL.
- Micropipetas de 10 μ L a 100 μ L.
- Pipetas 1 mL, 5 mL, 10 mL.
- Tubos falcón de 50 mL.
- Tamizador de 800 μ m
- Pinzas, matraz, moldes de silicona, gradillas, baguetas, espátula, cápsula magnética, embudos, tela organza y placas Petri.

4.6.4. Equipos

- Agitador electromagnético AGIMATIC-E. Selecta®.

- Estufa marca Ecocell, modelo LISIS-B2V / EC 5.
- Baño maría marca Memmert, modelo WB 14
- Balanza analítica AND A&D Company, Limited. Modelo HR-250AZ.
- Colorímetro Konica Minolta modelo CR-400.
- Incubadora marca Incucell, modelo LSIS-B2V/IC 55.
- Texturometro marca Brookfield, modelo CT3 25K.
- Brixómetro marca Atago, modelo PAL-BX I ACID F5.
- Micrómetro marca Baxlo, modelo 4000 digital.
- Medidor de acidez marca Atago, modelo PAL-BX I ACID F5.
- Espectroscopia Raman marca Horiba, modelo Xplora Plus.

4.6.5. Reactivos

- Ácido acético

4.7. Conducción de la investigación

El enfoque del trabajo de investigación fue obtener bioplásticos a partir de almidón de cáscara de plátano y papa, evaluar sus efectos en sus características fisicoquímicas y ópticas. La Figura 1, muestra el esquema experimental del estudio.

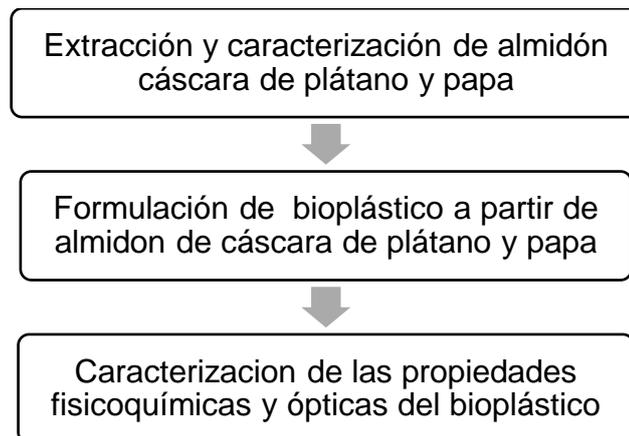


Figura 1. Esquema experimental del trabajo de investigación.

4.7.1. Extracción y caracterización de almidón de cáscara de plátano y papa.

4.7.1.1. Extracción de almidón de cáscara de plátano y papa

La obtención del almidón de cáscara de plátano y papa se realizó mediante el método de extracción por vía húmeda descrito por (Dávila, 2014) con modificaciones en la Figura 2, operaciones que comprenden:

- **Extracción y caracterización de almidón cáscara de plátano y papa**

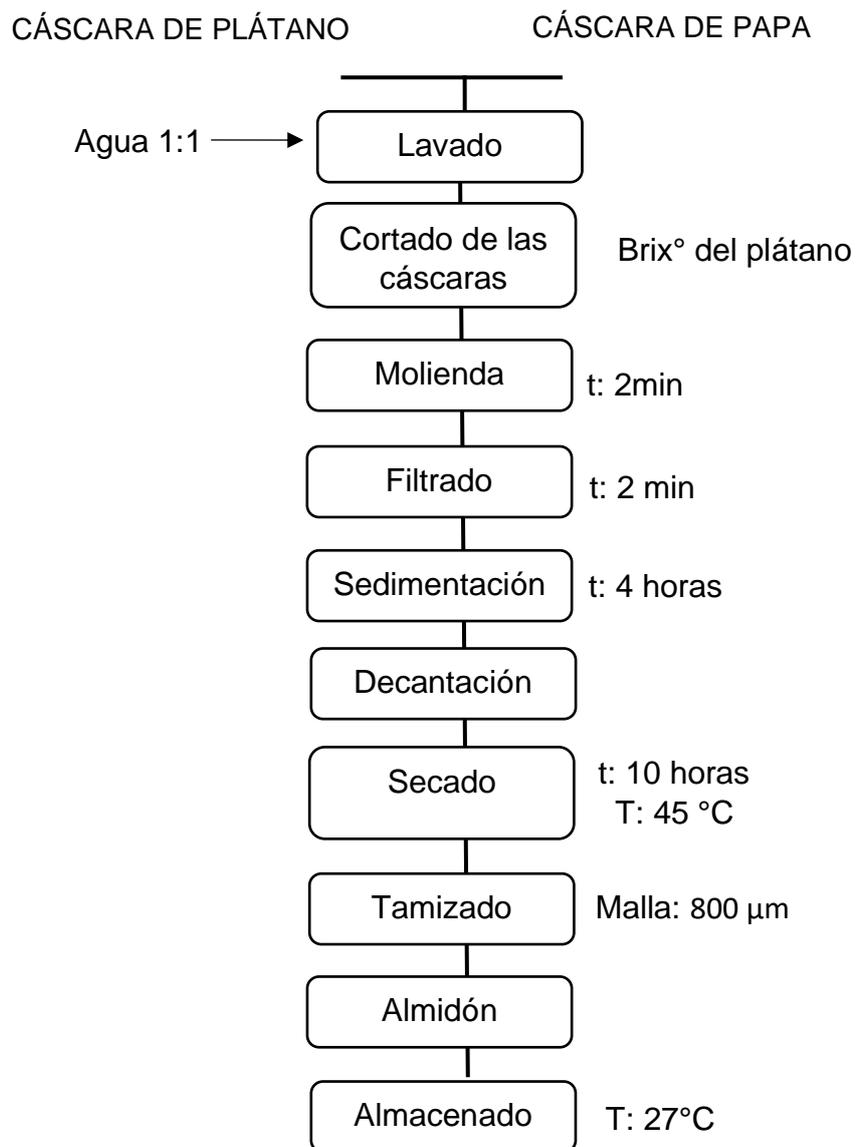


Figura 2. flujograma para la extracción de almidón de cáscara de plátano y papa

Descripción del proceso de obtención de almidón de cáscara de plátano y papa

Lavado. Se realizó con abundante agua, con el fin de quitar los restos de suciedad.

Cortado de las cáscaras. Seguidamente se procedió con el trozado de las cáscaras (papa y plátano) de 2cm aproximadamente, en cuanto a la cáscara de plátano se realizó determinación de grados brix° para la concentración de sólidos solubles presentes.

Molienda. Se introdujeron las cáscaras cortadas en una licuadora con agua por el tiempo de 2 minutos hasta poder conseguir una pulpa lechosa.

Filtrado. La pulpa obtenida se filtró con ayuda de una tela organza dejando caer el líquido lechoso en baldes.

Sedimentación. Se dejó reposar un promedio de 4 horas.

Decantación. Consistió en la separación del almidón de la parte líquida.

Secado. Se realizó a la temperatura de 45 °C en el transcurso de 10 horas, hasta que la materia prima obtenga un peso constante, inmediatamente dicha muestra se enfrió y se pesó.

Tamizado. El producto seco se tamizó con tamices de 800 µm con la finalidad de obtener partículas uniformes de almidón a partir de las cáscaras de papa y plátano y posteriormente se colocaron en bolsas zip para alimentos y se almacenó a temperatura ambiente.

4.7.2. Metodología experimental de la obtención de bioplásticos a partir del almidón de cáscara de papa y plátano.

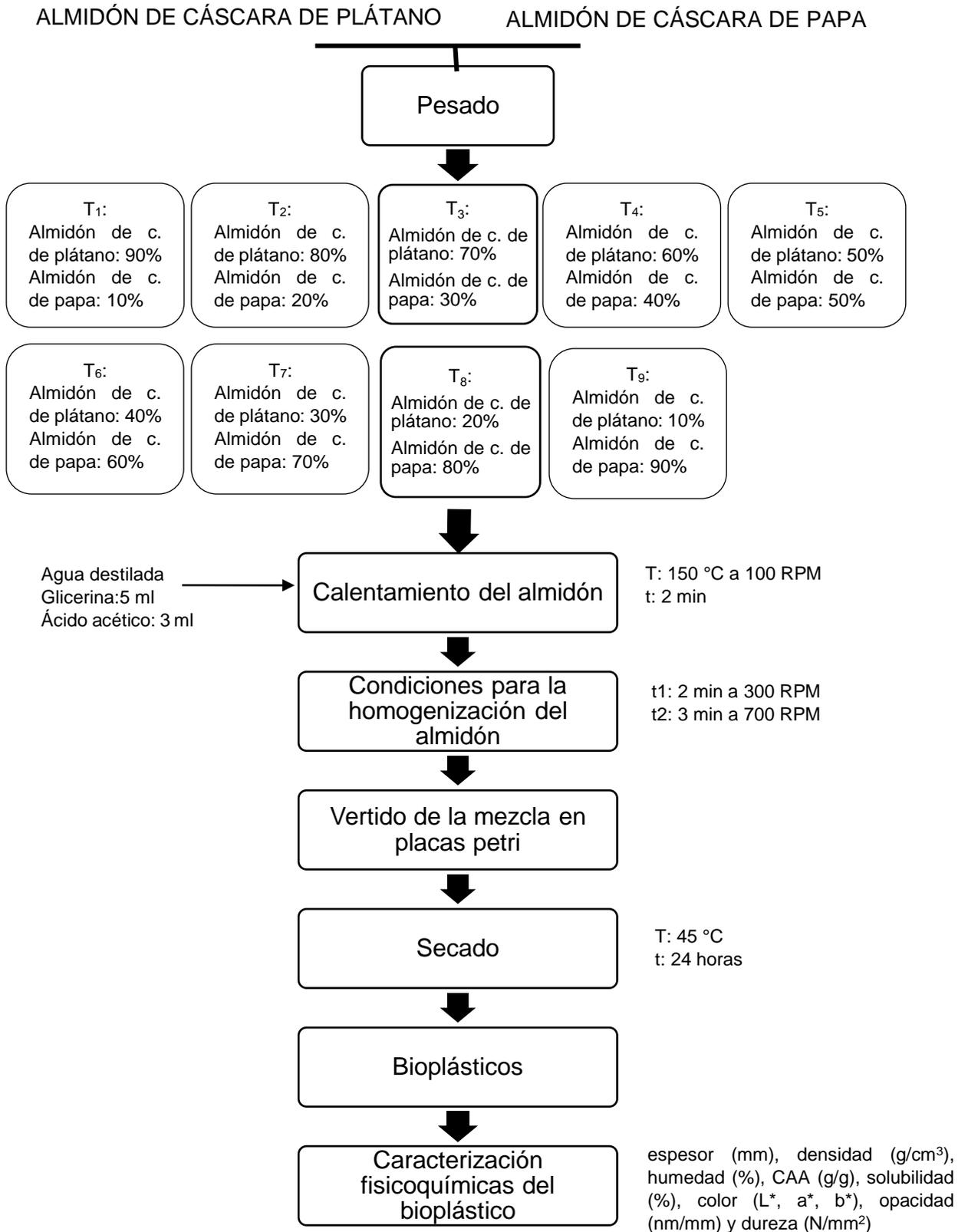


Figura 3. Flujograma para la elaboración del bioplástico a partir de almidón de cáscara de plátano y papa.

4.7.2.1. Caracterización fisicoquímica de almidón de cáscara de plátano y papa

a) Determinación de humedad y cenizas

Mediante el procedimiento oficial de análisis de la AOAC (1980), la humedad fue determinada sometiendo la muestra a una temperatura 105 °C por 3 horas hasta conseguir un peso que no varíe. El contenido de cenizas se logró pesando 3 g de muestra en un crisol previamente pesado y luego se calentó en un horno mufla a 550 °C durante 3 a 4 horas hasta obtener el peso constante.

Fórmula de humedad:

$$\%humedad = \left[\frac{Pi \text{ de la muestra} - Pf \text{ de la muestra}}{Pi \text{ de la muestra}} \right] \times 100\%$$

Donde:

Pi = Peso inicial de las cáscaras de la Musa balbisiana.

Pf = Peso final de las cáscaras de la Musa balbisiana.

Fórmula de cenizas:

$$\% \text{ cenizas} = \frac{(P - p) \times 100}{M}$$

Donde:

P = Masa del crisol con las cenizas en gramos

p = Masa del crisol vacío en gramos.

M = Masa de la muestra en gramos.

b) Capacidad de Absorción de agua y solubilidad del almidón extraído de cáscara de plátano y papa

Para determinar la capacidad de absorción de agua (CAA) y la solubilidad (S) se siguió el método detallado por (Gani et al., 2014) con algunas modificaciones basadas en (Rodríguez-Sandoval et al., 2012). Se pesaron 1 g (M_0) muestra de almidón y se mezcló con 10 ml de agua destilada. La suspensión se removió y se colocó en baño maría a 30 °C con una charola de agitación constante a 200 RPM por aproximadamente 30 minutos. Se enfrió la muestra a temperatura ambiente y

luego se procedió a centrifugar a 6000 RPM por el tiempo de 15 min. Posteriormente, con cuidado se separó el sobrenadante y se pesó la sedimentación del almidón hinchado (M_1). Después se colocó en placas Petri el sobrenadante, finalmente se colocó en una estufa a 50 °C por 24 horas, hasta conseguir un peso constante (M_2). El poder de la solubilidad, del hinchamiento y la capacidad de absorción de agua se calcularon utilizando las siguientes ecuaciones:

$$PH = \frac{M_1(g)}{M_0 - M_2(g)}$$

$$S(\%) = \frac{M_2(g)}{M_0(g)} \times 100$$

$$CAA = \frac{M_1(g)}{M_0(g)}$$

c) Determinación de °Brix de la cáscara de plátano.

Se determinó el contenido de sólidos solubles en la cáscara de plátano, descrito por la AOAC (932.12). usando un Brixómetro marca Atago, modelo PAL-BX I ACID F5.

4.7.3. Formulación del bioplástico a partir de almidón de cáscara de plátano y papa

Los procedimientos para la elaboración del bioplástico, descrito por (Meza Ramos, 2016):

- Se pesó las proporciones de almidón de cáscara de plátano y papa 10 a 90 % respectivamente, con respecto al volumen total a preparar.
- Se procedió a calentar el almidón en 60 ml de agua destilada a 150 °C y a 100 RPM por el tiempo de 2 minutos, seguidamente se adiciono 3 ml de ácido acético y 5 ml de glicerina.
- Se homogenizó la mezcla a 300 RPM por 2 minutos, luego a 700 RPM por 3 minutos (hasta obtener una consistencia gomosa).
- Se realizó el vertido de la mezcla en placas Petri previamente untadas con aceite (para evitar la adherencia de la mezcla a la superficie del recipiente), inmediatamente se empezó a formar una capa uniforme.

- El secado se realizó en una estufa a 45 °C durante 24 horas.

4.7.4. Caracterización del bioplástico de almidón de cáscara de plátano y papa.

- Propiedades físicas
- Espesor: (mm) (Cao et al., 2007).
- Densidad: (g/cm³) (Shogren et al., 1998).
- Capacidad de absorción de agua: (g/g) (Cedeño et al., 2022).
- Índice de solubilidad: (%) (Chariguamán C., 2015)
- Opacidad: (nm/mm) (Chariguamán C., 2015)

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Extracción y caracterización funcional del almidón de cáscara de plátano y papa.

Existen varias formulaciones para la obtención de películas, dependiendo del tipo de componentes poliméricos utilizados en la formulación. En esta investigación se trabajó con diferentes formulaciones de almidón de cáscara de plátano y papa, propuestos en la Tabla 3, que permitieron la elaboración del bioplástico. Primeramente, se obtuvo el almidón de dichas materias primas empleando el método de extracción húmeda, como se muestra en la Figura 2. Posteriormente se realizaron las características fisicoquímicas de los almidones extraídos de las cáscaras de papa y plátano como se muestra en la tabla 4.

En la tabla 4 se muestra la caracterización física (humedad y cenizas), funcional (índice de absorción de agua y solubilidad) y el contenido de sólidos solubles (°Brix).

Tabla 4. Caracterización funcional de almidón de cáscara de plátano y papa

ANÁLISIS	Almidón de cáscara de plátano (%)	Almidón de cáscara de papa (%)
Humedad	13,22 ± 0,34	14,72 ± 0,47
Cenizas	1,13 ± 0,16	1,34 ± 0,08
Índice de absorción de agua	2,42 ± 0,09	3,43 ± 0,074
Solubilidad	1,603 ± 0,196	1,916 ± 0.424
°Brix	5,901 ± 0,006	-

Los resultados son expresados como promedio ±SD, n=3

Cabrera (2016) menciona la relación que existe entre la humedad en los almidones con la vida de anaquel de los mismos, afirmando que los niveles de humedad adecuados para la harina y el almidón deben estar entre 15% y 13% base seca, asegurando la estabilidad microbiana de la harina y el almidón. Aunque, si se supera el nivel de humedad, el producto puede dañarse, principalmente por mohos y levaduras. De igual forma, (Bergthaller et al., 1999) señala que los valores obtenidos en este estudio se encuentran en el rango de humedad generalmente

aceptado para productos secos con una vida de anaquel deseable y es menor al valor permitido (<20 %) para otros almidones convencionales.

Según (Zamudio-Flores et al., 2010) el almidón de plátano debe tener un contenido de cenizas de 1,0 % a 1,5 %. Asimismo, Alvis, A (2008) evaluó en distintas variedades de papa mostraron un rango de 0,39 % a 0,44 % en el contenido de cenizas, siendo valores inferiores a lo reportado la tabla 4. esto es debido a la cáscara de las materias primas para la extracción del almidón. Según Hoover (2001) afirmó que el incremento de la cantidad de cenizas se concierne probablemente con el incremento del contenido de minerales de almidón en algunas materias primas y minerales de la papa. Reportando que la presencia de fósforo y de ciertos minerales afectan el contenido final de cenizas.

Según Alvis, A (2008) informó que el IAA en almidones de ñame osciló en un rango de 2,32 % a 2,39 %; en la papa un 5,83 % y para yuca osciló entre 4,63 % a 4,80 %. Y en el índice de solubilidad varió entre 1,25 % a 2,79 % en ñame, papa de 2,97 %, Estas diferencias está relacionada con la fuente biológica del almidón, así como el tamaño y la forma del gránulo (Lindeboom et al., 2004). Por otro lado, el índice de solubilidad del almidón (ISA) que indica su capacidad para reaccionar con agua y disolverse en ella; también refleja el grado de asociación entre los polímeros del almidón, como la amilosa y la amilopectina (Araujo, Rincón & Padilla, 2004). Debido a las características del almidón de yuca nativo y otras materias primas, el índice de solubilidad puede atribuirse a los bajos niveles de amilopectina presentes en ellos. Es probable que las ramificaciones laterales de las moléculas de almidón (amilopectina) y un menor tamaño del gránulo faciliten la penetración del agua en los espacios intermoleculares, lo que aumentaría la solubilidad de los polímeros. Como resultado, la amilopectina tendría un mayor grado de disolución. Estos factores, a su vez, afectarían el incremento de la solubilidad de las moléculas en el agua y la estabilidad de la viscosidad (Hwang & Kokini, 1992).

Comparando los resultados obtenidos en este estudio, concluimos que las cáscaras de papa y plátano presentan una baja capacidad de retención de agua y baja solubilidad en comparación con la obtención de almidones de otras fuentes.

En cuanto a la determinación de °Brix para la cáscara de plátano se obtuvo 5,901, mientras que (Barrera et al.,2010) afirma que después de la cosecha el plátano verde hasta alcanzar su estado de maduración, se degrada la concentración de almidón y aumenta el contenido de sólidos solubles (°Brix), ya que los azúcares son el componente mayoritario de la Musa paradisiaca.

Los valores obtenidos de sólidos solubles para la cáscara de plátano como se muestra en la tabla 4. se encuentran dentro de lo mencionado por (Cayón, Giraldo & Arcila, 2000), que para los plátanos verdes debe oscilar entre (5 – 8 °Brix).

5.2. Formulación del bioplástico a partir de almidón de cáscara de plátano y papa

La obtención de los bioplásticos se realizó en función con el procedimiento descrito anteriormente para cada proporción, luego fueron almacenados a temperatura ambiente. Con el fin de evaluar la influencia de las proporciones en la formación de bioplásticos, finalmente se realizó la caracterización de cada una en función de sus propiedades físicas y ópticas.

Se elaboraron 9 formulaciones diferentes con almidón de cáscara de plátano y papa (Tabla 3), en relación de 10 hasta 90 % se mezcló con agua destilada a una temperatura de 150 °C a 100 RPM por 2 minutos, seguidamente se adicionó 5 ml de glicerina y 3 ml de ácido acético. Se homogenizó la mezcla a 300 RPM por 2 minutos, luego a 700 RPM por 3 minutos, hasta obtener una consistencia gomosa. Finalmente, se tomaron 13 ml de cada suspensión, se vertieron en placas Petri (10 cm ϕ), y luego se secaron en estufa a temperatura controlada de 45 °C, procedimiento que se puede apreciar en la (figura 2).

5.3. Caracterización del bioplástico de almidón de cáscara de plátano y papa

Los bioplásticos formulados fueron seleccionados libre de daños para ser analizados, mostrando los valores de las propiedades fisicoquímicas y ópticas de los bioplásticos de los diferentes tratamientos.

5.3.1. Determinación de opacidad en bioplástico

La tabla 5 muestra los resultados de opacidad del bioplástico a partir de almidón de cáscara de plátano y papa.

Tabla 5. Opacidad del bioplástico de almidón de cáscara de plátano y papa.

Tratamientos	Opacidad (nm/mm)
T1 (90-10 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	3,23 ± 0,460 ^{ab}
T2 (80-20 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	4,23 ± 0,443 ^{bcd}
T3 (70-30 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	3,74 ± 0,770 ^{abc}
T4 (60-40 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	3,96 ± 0,621 ^{bc}
T5 (50-50 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	2,57 ± 0,666 ^a
T6 (40-60 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	4,53 ± 1,000 ^{bcd}
T7 (30-70 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	4,65 ± 0,288 ^{cd}
T8 (20-80 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	5,54 ± 0,061 ^d
T9 (10-90 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	5,39 ± 1,701 ^d

Los resultados son expresados como promedio \pm SD, n=3. El análisis de varianza en vertical (columnas) están representados con letras alfabéticas, siendo el siguiente orden respectivamente: a < b < c < d (tratamientos).

La elaboración de las películas arrojó valores de opacidad desde $2,57 \pm 0,666$ nm/mm, a $5,54 \pm 0,061$ nm/mm, mediante un análisis de varianza presentan un efecto significativo en las proporciones entre almidón de plátano y papa ($p < 0,05$). Asimismo, en el análisis (Tabla 5) se aprecia dos grupos divididos en función a la opacidad, siendo los tratamientos T6, T7, T8 y T9 presentaron valores con mayor opacidad es decir menor paso de haz de luz y se encontraron en las películas con mayor contenido de cáscara de plátano en su formulación, por el contrario los tratamientos T1, T2, T3 y T4 presentaron valores con menor opacidad es decir mayor paso de la luz y se encontraron en películas con mayor contenido de almidón de cáscara de papa en su formulación. (Anchundia et al., 2016) reportó valores de opacidad en películas elaboradas con cáscara de plátano entre $5,47 \text{ mm}^{-1}$ y $9,72 \text{ mm}^{-1}$. Asimismo (Santacruz et al., 2015) elaboró películas a base de almidón y quitosano demostrando que las películas con 1% (p/p) de almidón mostraban menores valores de opacidad ($5,38 \text{ mm}^{-1}$) en comparación con películas 0,5% de almidón cuyo valor de opacidad fue mayor ($6,75 \text{ mm}^{-1}$).

(Abotbina et al., 2021) formuló películas comestibles a base de almidón de yuca y maíz mostrando que los tratamientos que tenían la menor opacidad (valores de $2,97\text{mm}^{-1}$ y $3,37\text{mm}^{-1}$) eran los que contenían el mayor porcentaje de almidón (75%).

5.3.2. Determinación de espesor del bioplástico

La tabla 6 muestra los resultados de espesor del bioplástico a partir de almidón de cáscara de plátano y papa.

Tabla 6. Espesor del bioplástico de almidón de cáscara de plátano y papa.

Tratamientos	Espesor (mm)
T1 (90 -10 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	0,192 ± 0,020 ^{ab}
T2 (80-20 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	0,131 ± 0,002 ^a
T3 (70-30 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	0,236 ± 0,048 ^{ab}
T4 (60-40 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	0,204 ± 0,014 ^{ab}
T5 (50-50 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	0,288 ± 0,071 ^b
T6 (40-60 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	0,214 ± 0,073 ^{bc}
T7 (30-70 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	0,188 ± 0,006 ^{ab}
T8 (20-80 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	0,212 ± 0,027 ^b
T9 (10-90 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	0,207 ± 0,053 ^b

Los resultados son expresados como promedio \pm SD, n=3. El análisis de varianza en vertical (columnas) están representados con letras alfabéticas, siendo el siguiente orden respectivamente: a < b < c < d (tratamientos).

Las películas elaboradas mostraron valores de espesor entre $0,131 \pm 0,002$ mm a $0,288 \pm 0,071$ mm, mediante un análisis de varianza presentan un efecto significativo en las proporciones entre almidón de plátano y papa ($p < 0,05$). Asimismo, en el análisis de rangos múltiples en los tratamientos T3, T5, T6, T8 y T9 Los valores más altos se encontraron en las películas con mayor contenido de cáscara de papa en su formulación.

(Anchundia et al., 2016) observó que no existe diferencias significativas en la relación entre el contenido de cáscara de plátano y el espesor de las películas. El tratamiento formulado con 0,5% de cáscara de plátano presentó el menor espesor con 0,11 mm, mientras que la formulación con 1,5% de cáscara de plátano presentó 0,17 mm de espesor, siendo estos resultados estadísticamente diferentes.

(Zamudio-Flores et al., 2006) mostró que el espesor de sus películas degradables de almidón de plátano fue de $0,118 \pm 0,007$ mm; igualmente (Santacruz et al., 2015) investigaron películas comestibles de almidón de papa y yuca obteniendo valores de 0,15 y 0,13 mm respectivamente. Todos estos resultados presentaron una similitud con los resultados conseguidos en este trabajo de investigación, que presentaron espesores de 0,131 mm donde T2: 80% almidón de cáscara de papa - 20% almidón de cáscara de plátano y 0,288 mm donde T5: 50% almidón de cáscara de papa - 50% de almidón de cáscara de plátano. La mayoría de las películas comestibles son de naturaleza hidrófila y se ha hallado una correlación positiva entre la permeabilidad al vapor de agua y el espesor de las películas. Consideraron que a medida que el espesor de la película aumenta, se incrementa la resistencia a la transferencia de masa a través de ella, en consecuencia, la presión parcial de vapor de agua de equilibrio en la superficie interior de la película se incrementa; de ahí la importancia de regular el espesor de película.

(Sanyang et al., 2016) reportaron el efecto de los plastificantes en la deformación de la matriz de cadena de polímero intermolecular, lo que proporcionó más volumen libre aumentando el espesor de la película.

En el estudio de (Otey et al., 2002) se señala que los plastificantes solubles en agua, como el glicerol, actúan como efectivos agentes suavizantes para los almidones, lo que mejora la flexibilidad de las películas resultantes. Además, cuanto mayor cantidad de sustancia plastificante se incorpora en una matriz polimérica, aumenta la elongación y la deformación, mientras que disminuyen el esfuerzo de ruptura, según lo mencionado por (Alves et al., 2007).

5.3.3. Evaluación de la capacidad de absorción de agua del bioplástico

La tabla 7 se muestra los resultados de la capacidad de absorción de agua de los bioplásticos elaborados a partir de almidón de cáscaras de plátano y papa.

Tabla 7. Capacidad de absorción de agua del bioplástico de almidón de cáscara de plátano y papa

Tratamientos	Capacidad de absorción de agua (g/g)
T1 (90 -10 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	0,301 ± 0,034 ^{ab}
T2 (80-20 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	0,353 ± 0,232 ^{ab}
T3 (70-30 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	0,287 ± 0,015 ^{ab}
T4 (60-40 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	0,349 ± 0,021 ^{ab}
T5 (50-50 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	0,274 ± 0,062 ^{ab}
T6 (40-60 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	0,200 ± 0,097 ^a
T7 (30-70 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	0,503 ± 0,006 ^a
T8 (20-80 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	0,307 ± 0,027 ^{ab}
T9 (10-90 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	0,363 ± 0,192 ^{ab}

Los resultados son expresados como promedio \pm SD, n=3. El análisis de varianza en vertical (columnas) están representados con letras alfabéticas, siendo el siguiente orden respectivamente: a < b < c < d (tratamientos).

Las películas elaboradas presentaron valores de CAA desde $0,200 \pm 0,097$ g/g hasta $0,503 \pm 0,006$ g/g, mediante un análisis de varianza no presentan un efecto significativo en las proporciones entre almidón de plátano y papa ($p > 0,05$). Asimismo, en el análisis de rangos múltiples la mayor absorción de agua se observó el tratamiento T7 y T9, siendo el tratamiento T7 el 50,3 % en absorción de agua $0,503 \pm 0,006$ g/g mientras el T9 presentó el 36,3% en absorción de agua $0,363 \pm 0,192$ g/g, valores inferiores a lo reportado por (Aboitina et al., 2021) los tres plastificantes estudiados, la película plastificada tipo F con almidón de maíz tuvo la mayor absorción de agua (187,87 %), seguida de la película plastificada tipo FG y la película plastificada G, con una absorción de agua de 106,23 y 98,82 %, es decir, que los bioplásticos formulados a base de almidón de cáscara de plátano y papa poseen mayor resistencia al agua. A su vez, pueden proporcionar a los productos con mucho contenido de humedad una textura más apetecible y una vida útil más prolongada. Esto se entiende debido a la alta hidrofobicidad del glicerol; los plastificantes solubles pueden bloquear los micro huecos en la matriz de la película, provocando una disminución en la absorción de agua. Al mismo tiempo, los plastificantes hidrófobos pueden provocar la formación de diferentes fases en la película producida (Vieira et al., 2011).

Debido al importante papel que participa el agua en un plastificante, la capacidad de absorción de agua es una propiedad importante para las películas de almidón. Por lo tanto, las películas plastificadas con mayor contenido de agua se caracterizan por una mayor flexibilidad (Ibrahim et al., 2019).

En este estudio, la duración de la inmersión de las biopelículas en agua se fijó en 60 segundos, ya que se informó que las muestras plastificadas comienzan a disolverse en agua a los 140 minutos (Ibrahim et al., 2020).

5.3.4. Evaluación de la densidad del bioplástico

La tabla 8 muestra los resultados de capacidad de absorción de agua del bioplástico a partir de almidón de cáscara de plátano y papa.

Tabla 8. Densidad del bioplástico de almidón de cáscara de plátano y papa

Tratamientos	Densidad (g/cm ³)
T1 (90 -10 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	1,364 ± 0,097 ^a
T2 (80-20 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	1,451 ± 0,178 ^a
T3 (70-30 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	1,572 ± 0,338 ^a
T4 (60-40 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	1,351 ± 0,086 ^a
T5 (50-50 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	1,709 ± 0,551 ^a
T6 (40-60 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	1,841 ± 0,732 ^a
T7 (30-70 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	1,302 ± 0,101 ^a
T8 (20-80 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	1,494 ± 0,039 ^a
T9 (10-90 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	1,324 ± 0,096 ^a

Los resultados son expresados como promedio ±SD, n=3. El análisis de varianza en vertical (columnas) están representados con letras alfabéticas, siendo el siguiente orden respectivamente: a < b < c < d (tratamientos).

Las películas elaboradas mostraron valores en densidad entre 1,302 ± 0,101 g/cm³ a 1,841 ± 0,732 g/cm³, mediante un análisis de varianza no presentan diferencias significativas en las proporciones entre almidón de plátano y papa (p > 0,05). Asimismo, en el análisis de rangos múltiples todas son estadísticamente iguales.

(Capa & Quispe, 2018) en su investigación demostraron que la densidad de los bioplásticos obtenidos de la cáscara de plátano varió en un rango entre 0,55 a 0,77 g/cm³ siendo nuestros resultados mucho mayores a lo referido por dicho autor

ya que implicó la formulación y el efecto de la cantidad del almidón de cáscara de papa y plátano.

El tratamiento T6 (40% cáscara de papa – 60% cáscara de plátano) como se muestra en la (tabla 8) resultó un bioplástico con un mayor volumen en comparación con los otros tratamientos evaluados.

Asimismo (Abotbina et al., 2021) en su investigación no mostraron una diferencia significativa entre los plastificantes seleccionados y almidón de maíz debido a que los valores de densidad eran demasiado cercanos. Mostrando que todas las biopelículas plastificadas tenían una densidad más baja que la biopelícula de control: la densidad osciló entre 1,34 y 1,49 g/cm³. Los mismos hallazgos fueron informados por (J et al., 2012), quienes afirmaron que los valores de densidad no demostraron una diferencia significativa entre los distintos tipos de plastificantes.

(Sanyang et al., 2016) reportaron los mismos hallazgos e indicaron el efecto de los plastificantes en la deformación de la matriz de cadena de polímero intermolecular, lo que proporcionó más volumen libre aumentando el espesor de la película.

En comparación a lo mencionado por el autor, se dedujo que no siempre la mayor densidad va a guardar relación con el aumento del espesor del bioplástico, dicho caso como se presencié en el T6 en el cual se obtuvo mayor densidad 1,841 g/cm³ pero su espesor fue menor de 0,214 mm en comparación con los tratamientos restantes como el T3 presentó mayor espesor de 0,236 mm y una densidad menor de 1,572 g/cm³, se deduce que esta particularidad se vio afectado por la interacción molecular de los componentes ya sea en el homogenizado o mezclado de la formulación ya que no guardaron relación directa con el aumento del espesor.

Además, los resultados de espesor de diferentes tipos de plastificantes mostraron que los espesores de diferentes películas plastificadas eran muy parecidos, aunque la masa molar de fructosa (180 g/mol) es casi el doble que la masa molar de glicerol (92 g/mol). Por lo tanto, no hay una influencia significativa de la masa molar del plastificante en el espesor de la película (Hazrol et al., 2021).

5.3.5. Evaluación de color en el bioplástico

La tabla 9 muestra valores de los bioplásticos a partir de almidones de cáscara de papa y plátano resultantes de las coordenadas del espacio de color CIELab.

Tabla 9. Color del bioplástico de almidón de cáscara de papa y plátano

Tratamientos	L*	a*	b*	ΔE
T1 (90-10 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	45,64 ± 0,57 ^e	3,42 ± 0,09 ^a	9,88 ± 0,44 ^a	46,82 ± 0,46 ^c
T2 (80-20 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	41,66 ± 7,60 ^{de}	4,18 ± 0,77 ^a	11,63 ± 3,47 ^a	43,68 ± 6,34 ^{bc}
T3 (70-30 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	28,05 ± 4,38 ^{abc}	6,82 ± 0,63 ^b	17,14 ± 0,93 ^b	33,69 ± 2,95 ^a
T4 (60-40 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	33,74 ± 2,56 ^{cd}	6,62 ± 0,50 ^b	17,57 ± 1,15 ^b	38,66 ± 1,67 ^{ab}
T5 (50-50 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	29,74 ± 9,71 ^{abc}	9,15 ± 2,34 ^c	22,42 ± 2,14 ^c	38,93 ± 6,08 ^{ab}
T6 (40-60 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	30,59 ± 7,89 ^{bc}	8,93 ± 2,11 ^c	21,03 ± 1,84 ^{cd}	38,62 ± 4,42 ^{ab}
T7 (30-70 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	22,40 ± 5,75 ^{ab}	11,52 ± 1,27 ^d	24,27 ± 1,22 ^{de}	35,17 ± 3,94 ^a
T8 (20-80 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	24,51 ± 1,61 ^{abc}	11,74 ± 0,37 ^d	25,42 ± 0,63 ^{de}	37,23 ± 1,11 ^{ab}
T9 (10-90 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	20,35 ± 3,83 ^a	12,76 ± 0,84 ^d	24,50 ± 1,11 ^e	34,39 ± 2,79 ^a

Los resultados son expresados como promedio ±SD, n=3. El análisis de varianza en vertical (columnas) están representados con letras alfabéticas, siendo el siguiente orden respectivamente: a < b < c < d (tratamientos).

Mediante un análisis de varianza los parámetros de color L*, a* y b* de los almidones extraídos a partir de cáscara de plátano y papa presentan diferencias significativas en las proporciones entre almidón de plátano y papa ($p < 0,05$). Asimismo, en el análisis de rangos múltiples los tratamientos T1 y T9 en el parámetro L* presentaron diferencias significativas entre los demás procedimientos, el cual se observa en la tabla 9, donde la mayor proporción de almidón de cáscara plátano T9 presenta un color opaco y esto puede ser útil para la protección del paso de luz de algunos alimentos. Y el tratamiento T1 lleva mayor proporción de almidón de cáscara de papa y menor proporción de cáscara de plátano, el cual es más claro que los otros tratamientos.

Para la diferencia de color (ΔE) se observó la diferencial de color más alta en el bioplástico T1 46,82 ± 0,46 con el incremento en la cantidad de almidón de

cáscara de papa en comparación con el almidón de cáscara de plátano en comparación con los otros tratamientos.

Los valores de L^* , que representan la luminosidad de las muestras de los bioplásticos, variaron de $20,35 \pm 3,83 L^*$ a $45,64 \pm 0,57 L^*$ mostrando un color opaco. Según (Konuma et al., 2012) el valor de L^* proporciona una indicación del nivel de blancura del almidón, donde un valor cercano a 100 refleja un color más blanco. Además, (Boudries et al., 2009) afirman que valores de L^* superiores a 90 indican una blancura satisfactoria en términos de la pureza del almidón. En su investigación, el almidón OB obtuvo el valor más bajo de luminosidad ($95,71 L^*$). Esto podría atribuirse a la lixiviación de pigmentos de color, como los provenientes de la cáscara de los tubérculos, durante el proceso de extracción del almidón, como mencionaron (Falade & Christopher, 2015).

Mediante el análisis de rangos múltiples en el parámetro a^* y b^* presentan diferencias significativas entre tratamientos. El cual se observa en la tabla 9, los valores se encuentran en un rango de $3,42 \pm 0,09 a^*$ a $12,76 \pm 0,84 a^*$ y $9,88 \pm 0,44 b^*$ a $25,42 \pm 0,63 b^*$ respectivamente. Donde L^* es el parámetro que mide la luminosidad (0 = negro, 100 = blanco), mientras que a y b la cromaticidad. a^* (verde a rojo) y b^* (azul a amarillo) son coordenadas de cromaticidad y se les asignan valores de -120 a 120 (Anderson et al., 2006) donde la mayor proporción de almidón de cáscara plátano T9 presenta un color entre verde y rojo. Y el tratamiento T1 lleva menor proporción de almidón de cáscara de papa y mayor proporción de cáscara de plátano.

según el informe de (Peña Carrasco, 2017), los valores de a^* para los almidones se encontraron en el intervalo de -0,12 a -0,30, mostrando diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los almidones analizados. Los valores negativos de a^* indican que se ubican en la fracción verde y, al estar cercanos a cero, tienen una tendencia hacia un color neutro, según lo mencionado por (Joaqui, 2013). Por otro lado, los valores de b^* estuvieron entre 1,66 y 2,49, también mostrando diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los almidones evaluados. Los valores positivos de b^* indican una ligera tendencia amarillenta, y sus valores fueron cercanos a cero. En referencia a esto, Sánchez (2004) menciona que cuando los parámetros a^* y b^* tienden a cero, la muestra evaluada tiene un color blanco.

El color es un criterio importante para evaluar la condición del almidón, ya que es un factor estético que influye en la apariencia general del producto y en su aceptabilidad por parte del consumidor. Esta característica es especialmente relevante en el momento de comercializar el producto, ya que se busca que los almidones aislados puedan ser utilizados en formulaciones de productos sin impartir un color adverso. Esto es un parámetro importante de calidad en diversas aplicaciones industriales (Abegunde et al., 2012); (Joaqui D & Villada C, 2013), (Falade & Christopher, 2015).

Según Coello, C. J. (2017) los parámetros de color de los polímeros presentes en los pseudotallos de *Musa acuminata* AAA, *Musa sapientum* ABB y *Musa paradisiaca* AAB muestran en general un aspecto oscuro. En el caso del material de interés (ACP), los valores de L^* indican un tono oscuro con un valor de 20.01 ± 2.39 , mientras que los valores de a^* y b^* indican tonos ligeramente rojizos y amarillos con valores de $2,03 \pm 0,69 a^*$ y $3,34 \pm 0,97 b^*$, respectivamente. Este color oscuro en el material se debe principalmente a la presencia de productos de oxidación de compuestos fenólicos en el pseudotallo de *Musa acuminata* AAA. Se explica que esto se debe a la poca degradación de la lignina por el método enzimático utilizado. Sin embargo, se destaca que el color presente en el material no afecta de ninguna manera para posibles aplicaciones. De hecho, este material puede ser útil para la protección de productos sensibles a la luz y para evitar oxidaciones. Por lo tanto, el color oscuro no representa un inconveniente y no limita su uso en diversas aplicaciones.

En el estudio realizado por (A. & A. Abdullah, 2016), se examinaron biopelículas obtenidas de harina de plátano, y se encontraron valores de color con L^* variando entre 83,60 y 62,55, a^* entre 1,78 y 2,41, y b^* entre 0,93 y 12,50. Estos resultados indicaron colores más cercanos al amarillo-blanco. En comparación, en el presente estudio se obtuvieron valores de color con L^* de $20,01 \pm 2,39$, a^* de $2,03 \pm 0,69$, y b^* de $3,34 \pm 0,97$, lo que refleja colores más cercanos al café-negro.

La diferencia en la tonalidad se debe principalmente al proceso de obtención de los polímeros, especialmente la celulosa, que involucra tratamientos con NaCl, NaOH y otros compuestos químicos, lo que contribuye a que el color del material

varíe de tonos oscuros a tonos claros (blanqueamiento del material) (Yucang Z. W., 2015)

5.3.6. Evaluación de textura en el bioplástico

La tabla 10 muestra los resultados de textura (Dureza) del bioplástico a partir de almidón de cáscara de plátano y papa.

Tabla 10. Dureza del bioplástico de almidón de cáscara de plátano y papa.

Tratamientos	Dureza (N/mm ²)
T1 (90 -10 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	3,71 ± 1,23 ^e
T2 (80-20 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	2,19 ± 0,89 ^{bc}
T3 (70-30 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	3,47 ± 0,34 ^{de}
T4 (60-40 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	2,39 ± 0,13 ^d
T5 (50-50 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	1,33 ± 0,27 ^{ab}
T6 (40-60 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	2,61 ± 0,22 ^{cd}
T7 (30-70 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	3,93 ± 0,26 ^e
T8 (20-80 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	1,22 ± 0,07 ^a
T9 (10-90 % Base de almidón de cáscara de papa : plátano)	0,89 ± 0,24 ^a

Los resultados son expresados como promedio ±SD, n=3. El análisis de varianza en vertical (columnas) están representados con letras alfabéticas, siendo el siguiente orden respectivamente: a < b < c < d (tratamientos).

La dureza indica la capacidad de un material para resistir la deformación. Los bioplásticos formulados mostraron una dureza a la perforación entre 0,89 ± 0,24 N/mm² a 3,93 ± 0,26 N/mm², mediante un análisis de varianza presentan diferencias significativas en las proporciones entre almidón de plátano y papa (p < 0,05). Mediante estudios de múltiples rangos se observan diferencias entre los tratamientos T1, T7, T9 y T8, donde el más débil es el T9 de mayor proporción de almidón de cáscara de plátano y con mayor resistencia entre los tratamientos se encuentra el T1 con mayor proporción de almidón de cáscara de papa. Esta deducción se basa a los mencionado por (Ruiz Galeano, 2022) el cual menciona que los valores entre 0-30 N/mm² representan un material muy suave y los valores mayores de 90 N/mm² son los valores que son más difíciles de penetrar. Por lo tanto, la prueba con un resultado de 9,8 N/mm², indica que el material tiene una dureza menor y se puede comparar con la dureza entre una plantilla y un caucho de goma.

Deducimos que la reducción en la dureza, posiblemente es por la incorporación de almidón de cáscara de plátano con el almidón de cáscara de papa, favoreciendo a la reducción de las interacciones y las ligaciones entre ambos

disminuyendo así la fuerza de perforación del bioplástico. Esto es debido a que el almidón de cáscara de plátano contiene celulosa de pseudotallo de plátano. Según (Giraldo et al., 2014) Su aplicación en la fabricación del papel generó un producto poco homogéneo y de bajos esfuerzos mecánicos, principalmente por tener un escaso contenido de holocelulosa y un alto contenido de lignina.

5.3.7. Función de deseabilidad en el bioplástico

La función deseabilidad permite predecir los niveles óptimos de las variables independientes conjugando todas las respuestas de las mediciones realizadas (espesor, opacidad, capacidad de absorción de agua, densidad, color y dureza) (anexo 3). El cual presentó como el mejor tratamiento al T₅ (50 % de almidón de cáscara de papa y 50 % de almidón de cáscara de plátano).

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados, los resultados y discusiones de la investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

Se logró realizar la extracción de almidón a partir de 10 kg de cáscara de plátano con un rendimiento de 6,54% y de 10 kg de cáscara de papa con un rendimiento de 4,02 %, respectivamente. Asimismo, se obtuvo las características funcionales de los almidones extraídos de cáscara de plátano y papa con una humedad, de $13,22 \pm 0,34$ % y $14,72 \pm 0,47$ %, cenizas $1,13 \pm 0,16$ % y $1,34 \pm 0,08$ %, índice de absorción de agua $2,42 \pm 0,09$ % y $3,43 \pm 0,074$ %, solubilidad de $1,603 \pm 0,196$ % y $1,916 \pm 0,424$ %, finalmente °Brix para la cáscara de plátano de $5,901 \pm 0,006$, respectivamente.

Se elaboró bioplásticos con las siguientes características físicas, ópticas dando como el mejor tratamiento al T₅ : 50 % de almidón de cáscara de plátano y 50 % almidón de cáscara de papa: opacidad de $2,57 \pm 0,666$ nm/mm, espesor $0,288 \pm 0,07$ mm, densidad $1,709 \pm 0,551$ g/cm³, capacidad de absorción de agua $0,274 \pm 0,062$ g/g, color L* $29,74 \pm 9,71^{abc}$, a* $9,15 \pm 2,34^c$, b* $22,42 \pm 2,14^c$, ΔE $38,93 \pm 6,08^{ab}$ y textura $1,33 \pm 0,27^{ab}$ N/mm².

VII. RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados, discusiones y conclusiones de la investigación realizada, sugiero las siguientes recomendaciones:

Realizar pruebas y análisis para determinar las propiedades de los bioplásticos obtenidos, como su resistencia, durabilidad y degradabilidad.

Fomentar el uso y la comercialización de los bioplásticos obtenidos a partir de las cáscaras de papa y plátano, como una alternativa más ecológica a los plásticos convencionales.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A., N. H., & A. Abdullah, S. (2016). *Development of Green Banana (Musa paradisiaca) as Potential Food Packaging Films and Coatings. International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 6, 88.
<https://doi.org/10.18517/ijaseit.6.1.673>
- Anand, J & Maini, S. (1997). *Utilization of fruit and vegetable wastes. Indian Food Packer*, 51(2), 45–63.
- Abegunde, O. K., Mu, T.-H., Arogundade, L. A., Deng, F.-M., & Chen, J.-W. (2012). *Physicochemical characterization of starches from some Nigerian and Chinese roots and tubers. African Journal of Food Science*, 6(11), 317-329.
<https://doi.org/10.5897/AJFS12.048>
- Abotbina, W., Sapuan, S. M., Sultan, M. T. H., Alkbir, M. F. M., & Ilyas, R. A. (2021). *Development and Characterization of Cornstarch-Based Bioplastics Packaging Film Using a Combination of Different Plasticizers. Polymers*, 13(20), Article 20.
<https://doi.org/10.3390/polym13203487>
- Aguilar Mendez, M. Á. (2008). *Propiedades físicas y mecánicas de películas biodegradables y su empleo en el recubrimiento de frutos de aguacate [Thesis]*.
<http://tesis.ipn.mx/xmlui/handle/123456789/1841>
- Alamri, M. S., Mohamed, A. A., & Hussain, S. (2012). *Effect of okra gum on the pasting, thermal, and viscous properties of rice and sorghum starches. Carbohydrate Polymers*, 89(1), 199-207. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.02.071>
- Alves, V. D., Mali, S., Beléia, A., & Grossmann, M. V. E. (2007). *Effect of glycerol and amylose enrichment on cassava starch film properties. Journal of Food Engineering*, 78(3), 941-946. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.12.007>

- Alvis, A., Vélez, C. A., Villada, H. S., & Rada-Mendoza, M. (2008). *Análisis físico-químico y morfológico de almidones de ñame, yuca y papa y determinación de la viscosidad de las pastas. Información tecnológica*, 19(1), 19-28.
- Anchundia, K., Santacruz, S., & Coloma, J. (2016). *Caracterización física de películas comestibles a base de cáscara de plátano (Musa paradisiaca). Revista chilena de nutrición*, 43(4), 394-399. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182016000400009>
- Anderson, R., Conway, H., & Peplinski, A. (2006). *Gelatinization of Corn Grits by Roll Cooking, Extrusion Cooking and Steaming. Starch - Stärke*, 22, 130-135. <https://doi.org/10.1002/star.19700220408>
- Antezana Mercado, C. A., & Herrera Leo, R. M. (2019). *Formulación de película de almidón de yuca (manihot esculenta) con hidrocoloide de cushuro (nostoc sphaericum) y su efecto en conservación del tomate (solanum lycopersicum). Universidad Nacional Hermilio Valdizán. <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/5462>*
- Batuani Larrea, R. (2015). *Estudio de la obtención de plásticos biodegradables a partir del almidón de la papa por adición de agentes plastificantes. (Tesis de Grado). Universidad Mayor de San Andrés.*
- Barrera L, Arrazola G, Cayón D. (2010). *Caracterización fisicoquímica y fisiológica del proceso de maduración de plátano Hartón (musa AAB Simmonds) en dos sistemas de producción. Acta Agronómica. Vol 59: 20-29 pp.*
- Beaujean, A., Ducrocq-Assaf, C., Sangwan, R. S., Lilius, G., Bülow, L., & Sangwan-Norreel, B. S. (2000). *Engineering direct fructose production in processed potato tubers by expressing a bifunctional alpha-amylase/glucose isomerase gene complex. Biotechnology and Bioengineering*, 70(1), 9-16. [https://doi.org/10.1002/1097-0290\(20001005\)70:1<9::AID-BIT2>3.0.CO;2-7](https://doi.org/10.1002/1097-0290(20001005)70:1<9::AID-BIT2>3.0.CO;2-7)

- Bergthaller, W., Witt, W., & Goldau, H. P. (1999). *Potato starch technology*. *Starch-Stärke*, 51(7), 235-242.
- Bermúdez, I. A. B., & Evandro, J. (2011). *OBTENCIÓN DE HARINAS DE CEREALES Y LEGUMINOSAS PRECOCIDAS Y SU APLICACIÓN EN ALIMENTOS PARA EL ADULTO MAYOR* [Thesis].
<http://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/8848>
- Bertuzzi, M. A. (2016). *Técnicas de procesamiento estándar y nuevas utilizadas en la preparación de películas y recubrimientos a nivel de laboratorio y escalado*. En *Películas y recubrimientos comestibles* (1ra edición, p. 22).
- Bohórquez, N. V., Enciso, N. A. A., & Hernández, W. A. (2016). *Efecto del almacenamiento sobre las propiedades físicas de las películas de quitosano con inclusión de aceites esenciales de tomillo y romero*. *Matéria* (Rio de Janeiro), 21, 141-156.
<https://doi.org/10.1590/S1517-707620160001.0013>
- Boudries, N., Belhaneche, N., Nadjemi, B., Deroanne, C., Mathlouthi, M., Roger, B., & Sindic, M. (2009). *Physicochemical and functional properties of starches from sorghum cultivated in the Sahara of Algeria*. *Carbohydrate Polymers*, 78(3), 475-480. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2009.05.010>
- Burgos, G. (2019). *Potencial nutricional de la papa*. In *Centro Internacional de la 132 Papa*.
<https://cipotato.org/wp-content/uploads/2019/08/CIPPANAMERICANOS-LIMA-2019.pdf>
- Cabrera, I. K. A. H. (2016). *Formulación y Caracterización de Películas Comestibles de Almidón de Papa Nativo y Modificado* (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD VERACRUZANA).

- Cao, N., Fu, Y., & He, J. (2007). *Preparation and physical properties of soy protein isolate and gelatin composite films*. *Food Hydrocolloids*, 21(7), 1153-1162.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.09.001>
- Capa, R; Quispe, R. (2018). *Elaboración de bioplásticos con residuos orgánicos a base de cáscara de plátano y mango para reducir la contaminación por el uso de plásticos sintéticos*. Universidad Cesar Vallejo. Trujillo -Perú
- Castillo, R; Escobar, E. Fernández, D; Gutiérrez, R; Morcillo, J; Núñez, N.; Peñaloza, S. (2015). *Bioplástico a base de la cáscara del plátano*. Revista de Iniciación Científica, Panamá.
- Cayón, D.G., Giraldo, G.A., & Arcila, M.I. (2000) *Fisiología de la maduración*. En: *Poscosecha y agroindustria del plátano en el Eje Cafetero de Colombia*. Corpoica, Comité de Cafeteros, Universidad del Quindío, ASPLAT, Colciencias, Fudesco, Armenia (Colombia). pp. 27-37.
- Cedeño, M. A. M., Lascano, M. F. E., Moreira, I. P. B., Zambrano, C. F. L., Cedeño, E. J. M., Moreira, C. D. B., & Zambrano, P. I. L. (2022). *Elaboración de bioplásticos a base de cáscara de plátano (musa paradisiaca) y almidón de maíz (zea mays)*. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(4), Article 4.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2763
- Ceron, J. P. Q. (2010). *Películas y recubrimientos comestibles: Importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola*. *Revista Tumbaga*, 1(5), Article 5.
<https://revistas.ut.edu.co/index.php/tumbaga/article/view/59>
- Chariguamán C., J. A. (2015). *Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (Passiflora edulis spp.)*

[Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2015.].
<https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/4560>

Chinchayhuara Capa, R. K., & Quispe Llaure, R. del P. (2018). *Elaboración de bioplásticos con residuos orgánicos a base de cáscara de plátano y mango para reducir la contaminación por el uso de plásticos sintéticos en Trujillo – 2018*. Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35806>

Cieza, R., & Diaz, G. (2018). *Obtención de azúcares reductores a partir de cáscara de papa (Solanum tuberosum) por hidrólisis química y enzimática [Tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipán]*.
[https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/5777/Cieza García %26 Diaz Rodriguez.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/5777/Cieza_García_%26_Diaz_Rodriguez.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Coello, C. J. (2017). *Evaluación de polímeros en pseudotallos de Musa acuminata AAA, Musa sapientum ABB y Musa paradisiaca AAB para elaboración de bioplástico* (Doctoral dissertation, El Colegio de la Frontera Sur).

Dávila, F. V. (2014). *Determinación de los parámetros para la extracción de almidón del plátano bellaco (Musa paradisiaca)*. Revista de Investigación Universitaria, 3(2), Article 2. <https://doi.org/10.17162/riu.v3i2.517>

Ecoembes. (2009). *(Ecoembalajes España)*. Proyecto de Análisis de Bioplástico: Resumen Ejecutivo. 7 p.

Falade, K. O., & Christopher, A. S. (2015). *Physical, functional, pasting and thermal properties of flours and starches of six Nigerian rice cultivars*. Food Hydrocolloids, 44, 478-490. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.10.005>

Farfán Briceño, D. L. (2020). *Evaluación de la textura y perdida de peso del plátano (Musa paradisiaca) bajo diferentes condiciones de temperatura y humedad relativa durante*

su almacenamiento. Universidad Nacional de Piura.
<http://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2731>

Garrido Correa, R. S. (2020). *Elaboración de un bioplástico a partir de la palta (Persea americana) con cáscara de plátano (Musa paradisiaca) y almidón de papa (Solanum tuberosum), con su efecto de elasticidad.* Universidad Nacional de Piura.
<http://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2451>

Giraldo, J. L., Cuarán, J. C. C., García, L. V. A., & Pardo, L. M. F. (2014). *Usos potenciales de la cáscara de banano: Elaboración de un bioplástico.* *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 1(1), Article 1.
<https://doi.org/10.23850/24220582.109>

Guamán, J. (2019). *Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cáscaras de papa para su aplicación industrial.* Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.

Hazrol, M. D., Sapuan, S. M., Zainudin, E. S., Zuhri, M. Y. M., & Abdul Wahab, N. I. (2021). *Corn Starch (Zea mays) Biopolymer Plastic Reaction in Combination with Sorbitol and Glycerol.* *Polymers*, 13(2), Article 2.
<https://doi.org/10.3390/polym13020242>

Hernández-Uribe, J. P., Rodríguez-Ambriz, S. L., & Bello-Pérez, L. A. (2008). *Obtención de jarabe fructosado a partir de almidón de plátano (musa paradisiaca l.). Caracterización parcial.* *Interciencia*, 33(5), 372-376.

Herrera M. y Colonia L. (2011). *Manejo integrado del cultivo de plátano.* Curso taller. Agrobanco-Universidad Nacional Agraria La Molina, La Merced, Chanchamayo Junin-Perú.

Hoover, R. (2001). *Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review.* *Carbohydrate polymers*, 45(3), 253-267.

- Hwang, J., & Kokini, J. L. (1992). *Contribution of the side branches to rheological properties of pectins. Carbohydrate polymers*, 19(1), 41-50.
- Ibrahim, M. I. J., Sapuan, S. M., Zainudin, E. S., & Zuhri, M. Y. M. (2019). *Physical, thermal, morphological, and tensile properties of cornstarch-based films as affected by different plasticizers. International Journal of Food Properties*, 22(1), 925-941. <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1618324>
- Ibrahim, M. I. J., Sapuan, S. M., Zainudin, E. S., Zuhri, M. Y. M., & Edhirej, A. (2020). Chapter 4—*Processing and Characterization of Cornstalk/Sugar Palm Fiber Reinforced Cornstarch Biopolymer Hybrid Composites. En F. M. Al-Oqla & S. M. Sapuan (Eds.), Advanced Processing, Properties, and Applications of Starch and Other Bio-Based Polymers* (pp. 35-46). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819661-8.00004-4>
- J, S., Sapuan, S. M., Ismarrubie, Z. N., & Rahman, M. Z. A. (2012). *Physical and Chemical Properties of Different Morphological Parts of Sugar Palm Fibres. Fibres & Textiles in Eastern Europe*, Nr 2 (91), 21-24.
- Jane, J., Chen, Y. Y., Lee, L. F., McPherson, A. E., Wong, K. S., Radosavljevic, M., & Kasemsuwan, T. (1999). *Effects of Amylopectin Branch Chain Length and Amylose Content on the Gelatinization and Pasting Properties of Starch. Cereal Chemistry*, 76(5), 629-637. <https://doi.org/10.1094/CCHEM.1999.76.5.629>
- Jambeck, J. (2015). *Plastic waste inputs from land into the ocean. Science* 347 (6223): 768-771.
- Joaqui D, D. F., & Villada C, H. S. (2013). *PROPIEDADES ÓPTICAS Y PERMEABILIDAD DE VAPOR DE AGUA EN PELÍCULAS PRODUCIDAS A PARTIR DE ALMIDÓN. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(SPE), 59-68.

- Kennedy, J. F., Cabalda, V. M., & White, C. A. (1988). *Enzymic starch utilization and genetic engineering. Trends in Biotechnology*, 6(8), 184-189.
[https://doi.org/10.1016/0167-7799\(88\)90044-3](https://doi.org/10.1016/0167-7799(88)90044-3)
- Konuma, H., Rolle, R. y Boromthanasat, S. (2012). *Características de color del almidón de sagú en relación con el entorno de crecimiento de la palma de sagú (Metroxylon sagu Robb)*. *Diario de Tecnología Agrícola*, 8 (1), 273-287.
- Kossmann, J., & Lloyd, J. (2000). *Understanding and Influencing Starch Biochemistry. Critical Reviews in Plant Sciences*, 19(3), 171-226.
<https://doi.org/10.1080/07352680091139204>
- Lindeboom, N., Chang, P. R., & Tyler, R. T. (2004). *Analytical, biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small granule starches: a review*. *Starch-Stärke*, 56(3-4), 89-99.
- Manjarrés, K; Castro, Adriana; Rodríguez Sandoval, Eduardo (Diciembre de 2010).
 Production of locase using *Pleurotus ostreatus* on plantain peel and sugar cane bagasse. *Revista Lasallista de Investigación*, 7(2).
- Melian Subiabre, D. (2010). *Ensayo Comparativo de Dos Metodologías de Extracción de Almidón de Papa usando Muestras de Diez Variedades Nativas de Chiloé y dos Variedades Comerciales*. Valdivia, CL. Universidad: Tesis Licenciado en Ciencia de los alimentos.
- Mestres, C. (1996). *Los estados físicos del almidon [Conference_item]. Conferencia internacional sobre almidon: propiedades físico químicas, funcionales y nutricionales*, usos, del 8 al 10 de Mayo, de 1996, Quito (Ecuador); Instituto de Investigacion Tecnologica de la Escuela Politecnica Nacional.
<https://agritrop.cirad.fr/388137/>

- Meza Ramos, P. N. (2016). *Elaboración de bioplásticos a partir de almidón residual obtenido de peladoras de papa y determinación de su biodegradabilidad a nivel de laboratorio*. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2016>
- MINAG. (2011). (Ministerio de Medio Ambiente, PE); OE(Oficina de estudios económicos y estadísticos, PE). Lima, PE. *La papa nuestra de cada día.*, 12p.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego) (2014). "*El Banano Peruano “Producto Estrella de Exportación”*". Tendencias de la Producción y el Comercio del Banano en el Mercado Internacional y Nacional. Lima.
- Moradi, M., Tajik, H., Razavi Rohani, S. M., Oromiehie, A. R., Malekinejad, H., Aliakbarlu, J., & Hadian, M. (2012). *Characterization of antioxidant chitosan film incorporated with Zataria multiflora Boiss essential oil and grape seed extract*. *LWT - Food Science and Technology*, 46(2), 477-484. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.11.020>
- Morales Reyes, M. A., & Chacon, A. M. X. R. (2014). *GENERALIDADES Y APLICACION DE PELICULAS Y RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES EN LA CADENA HORTOFRUTICOLA./*.
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/474>
- Oregel-Zamudio, E., Aguilar, C. N., Oyoque-Salcedo, G., Angoa-Pérez, M. V., & Mena-Violante, H. G. (2016). *Caracterización Físicoquímica De Películas Comestibles a Base De Cera De Candelilla*. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 17(1), 1-7.
- Otey, F. H., Westhoff, R. P., & Doane, W. M. (2002, mayo 1). *Starch-Based Blown Films (world)*. ACS Publications; American Chemical Society.
<https://doi.org/10.1021/i360076a021>
- Peña Carrasco, E. F. (2017). *Extracción y caracterización físicoquímica y funcional de almidones de cinco variedades de papas nativas procedentes de Ilave (Puno)*.

Universidad Nacional Agraria La Molina.

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2655>

Quispe Maquera, R. (2022). Reaprovechamiento de las cáscaras de plátano musa paradisiaca para la elaboración de bioplástico en El Collao—Ilave, 2021. Universidad Privada San Carlos. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/478>

Roblejo Perea, L. A. (2009). *Evaluación de la aplicación de coberturas de quitosana en la conservación de tomates*. Editorial Universitaria,.

Ruiz Galeano, C. de los Á. (2022). *Obtención de bioplástico a partir de la extracción de almidón de los residuos de papa capiro [BachelorThesis, Fundación Universidad de América]*. <https://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/9059>

Sanchez Hernandez, K. R. (2017). “*Comparación de la calidad de bioplásticos obtenidos del almidón de los residuos de papa y camote de restaurantes del mercado central del distrito de independencia,2017*”. Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/12651>

Santacruz, S., Rivadeneira, C., & Castro, M. (2015). *Edible films based on starch and chitosan. Effect of starch source and concentration, plasticizer, surfactant's hydrophobic tail and mechanical treatment. Food Hydrocolloids*, 49, 89-94. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.03.019>

Sanyang, M. L., Sapuan, S. M., Jawaid, M., Ishak, M. R., & Sahari, J. (2016). *Effect of plasticizer type and concentration on physical properties of biodegradable films based on sugar palm (arenga pinnata) starch for food packaging. Journal of Food Science and Technology*, 53(1), 326-336. [https://doi.org/10.1007/s13197-015-2009-](https://doi.org/10.1007/s13197-015-2009-7)

7

Soto, N. (2016). *El cultivo de papa* [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma Agraria]. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7739/6378>

- Shogren, R. L., Lawton, J. W., Doane, W. M., & Tiefenbacher, K. F. (1998). *Structure and morphology of baked starch foams*. *Polymer*, 39(25), 6649-6655. [https://doi.org/10.1016/S0032-3861\(97\)10303-2](https://doi.org/10.1016/S0032-3861(97)10303-2)
- Srinivasa, P. C., Ramesh, M. N., & Tharanathan, R. N. (2007). *Effect of plasticizers and fatty acids on mechanical and permeability characteristics of chitosan films*. *Food Hydrocolloids*, 21(7), 1113-1122. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.08.005>
- Svensson, E., & Eliasson, A.-C. (1995). *Crystalline changes in native wheat and potato starches at intermediate water levels during gelatinization*. *Carbohydrate Polymers*, 26(3), 171-176. [https://doi.org/10.1016/0144-8617\(95\)00007-T](https://doi.org/10.1016/0144-8617(95)00007-T)
- Torres Andrade, E. E. (2021). *Elaboración de bioplásticos a partir del almidón de la cáscara de la papa (*Solanum tuberosum*) y la cáscara de la papaya hawaina (*Carica papaya l.*) como alternativa para uso de envolturas biodegradables de alimentos*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/14978>
- Vieira, M. G. A., da Silva, M. A., dos Santos, L. O., & Beppu, M. M. (2011). *Natural-based plasticizers and biopolymer films: A review*. *European Polymer Journal*, 47(3), 254-263. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2010.12.011>
- Whistler, R. L., BeMiller, J. N., & Paschall, E. F. (2012). *Starch: Chemistry and Technology*. Academic Press.
- Yucang Z. W., Li J., Zhou Y., Li R., Zhou W. (2015). *Characterization of cellulose from banana pseudo-stem by heterogeneous liquefaction*. *Carbohydrate polymers*, 132, 513-519.
- Zamudio-Flores, P. B., Vargas-Torres, A., Pérez-González, J., Bosquez-Molina, E., & Bello-Pérez, L. A. (2006). *Films Prepared with Oxidized Banana Starch: Mechanical and Barrier Properties*. *Starch - Stärke*, 58(6), 274-282. <https://doi.org/10.1002/star.200500474>

Zamudio-Flores, P. B., Vargas-Torres, A., Gutiérrez-Meraz, F., & Bello-Pérez, L. A. (2010).
Caracterización fisicoquímica de almidones doblemente modificados de plátano. Agrociencia, 44(3), 283-295.

ANEXO 1. TESTIMONIO GRÁFICO



Figura 4. Lavado de la cáscara de papa y plátano



Figura 5. Cortado de la cáscara de plátano



Figura 6. Cortado de la cáscara de papa



Figura 7. Molienda



Figura 8. Filtrado de la cáscara de papa



Figura 9. Filtrado de la cáscara de plátano



Figura 10. Sedimentación y Decantación

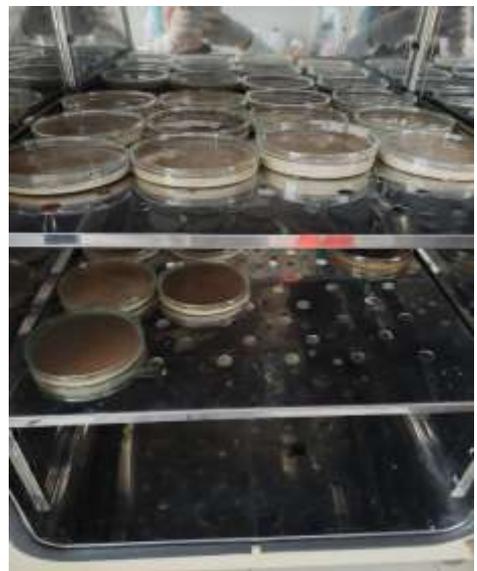


Figura 11. Secado del almidón de papa y plátano



Figura 12. Tamizado del almidón de papa y plátano



Figura 13. Formulación y pesado del almidón de papa y plátano

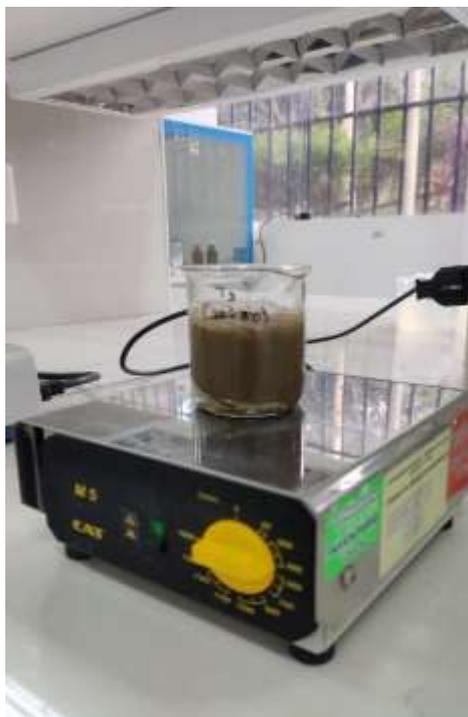


Figura 14. Calentamiento y Homogenización de las muestras

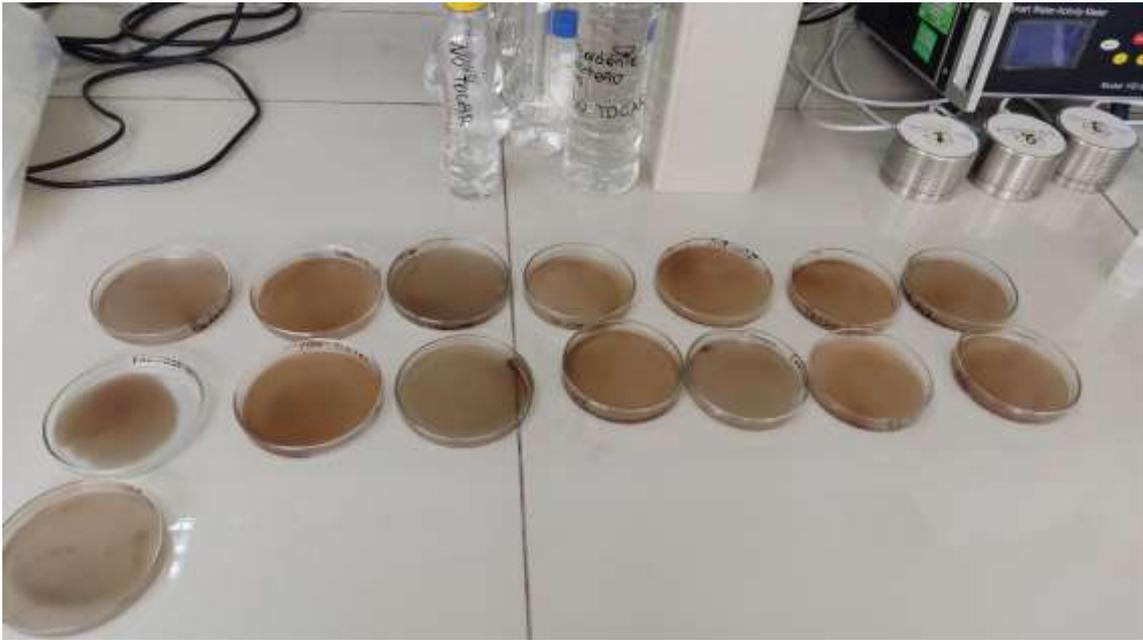


Figura 15. Vertido de las mezclas según formulación en placas Petri.



Figura 16. Secado del bioplástico

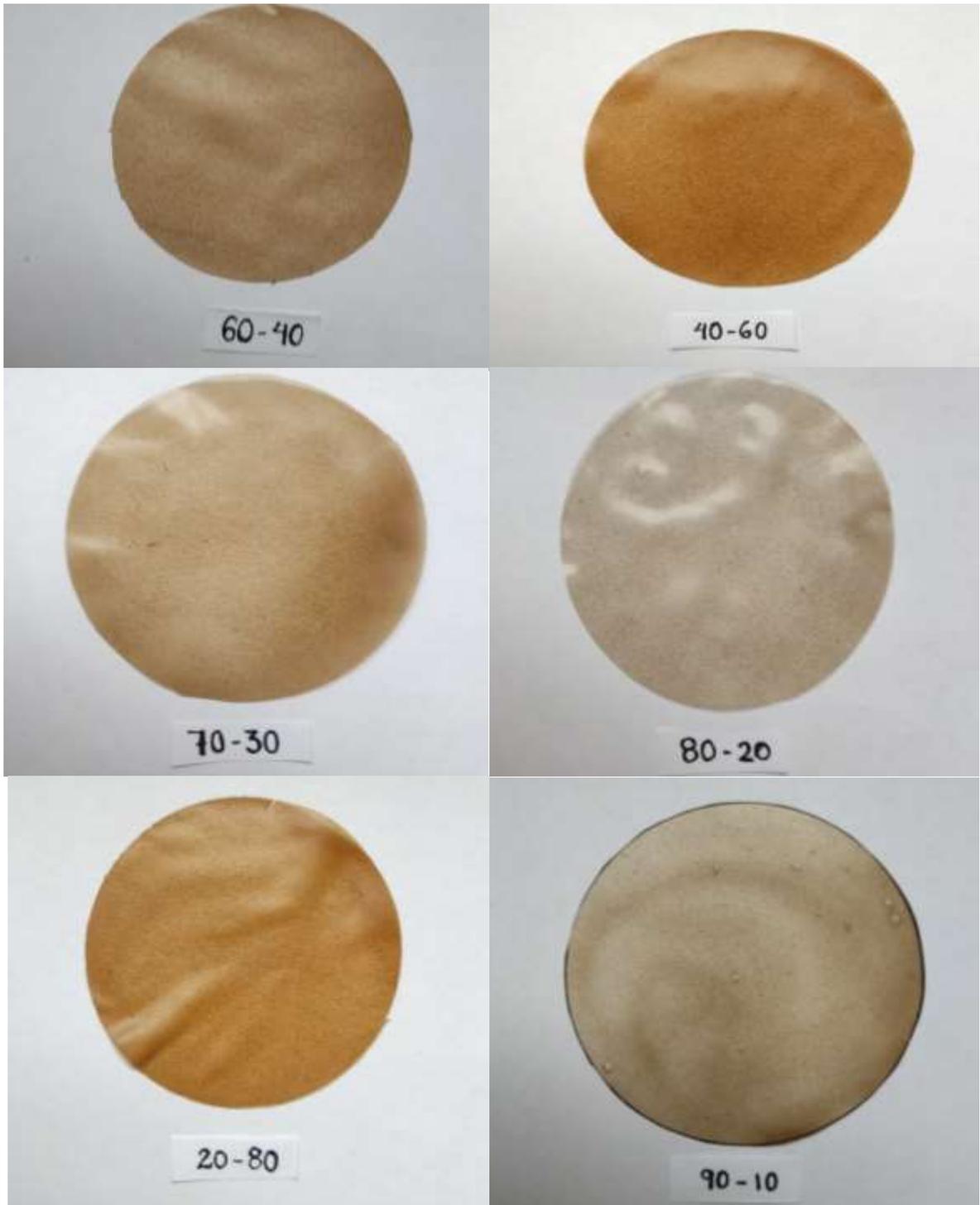


Figura 17. Caracterización del bioplástico a base del almidón de papa y plátano

ANEXO 2. TESTIMONIO ESTADÍSTICO

Diseño completamente al Azar: análisis de opacidad

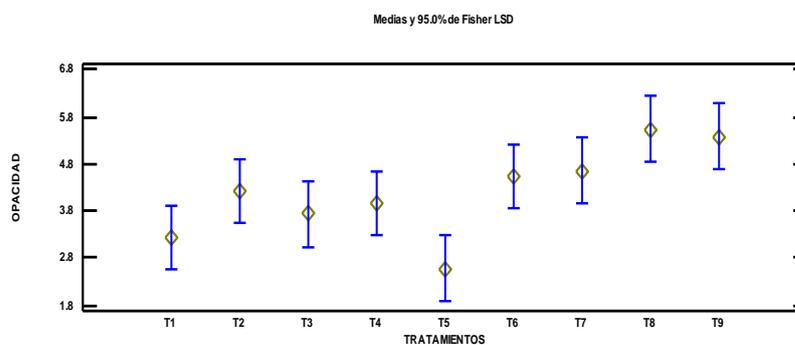
Tabla 11. ANOVA para opacidad por tratamientos.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	22.1042	8	2.76303	4.28	0.0050
Intra grupos	11.6158	18	0.645324		
Total (Corr.)	33.7201	26			

Pruebas de Múltiple Rangos para opacidad por tratamientos

Método: 95.0 porcentaje LSD

TRATAMIENTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T5	3	2.57467	X
T1	3	3.23433	XX
T3	3	3.739	XXX
T4	3	3.964	XX
T2	3	4.22767	XXX
T6	3	4.525	XXX
T7	3	4.653	XX
T9	3	5.38733	X
T8	3	5.54333	X



Diseño completamente al Azar: análisis de densidad

Tabla 12. ANOVA para densidad por tratamientos.

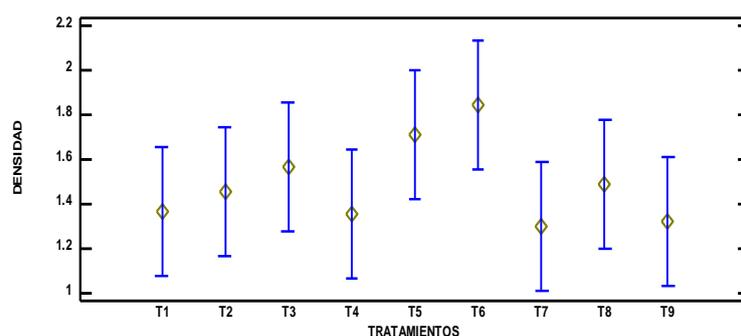
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.833287	8	0.104161	0.92	0.5255
Intra grupos	2.04627	18	0.113681		
Total (Corr.)	2.87955	26			

Pruebas de Múltiple Rangos para densidad por tratamientos

Método: 95.0 porcentaje LSD

TRATAMIENTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T7	3	1.302	X
T9	3	1.32367	X
T4	3	1.35133	X
T1	3	1.36333	X
T2	3	1.45067	X
T8	3	1.49367	X
T3	3	1.57167	X
T5	3	1.70867	X
T6	3	1.84133	X

Medias y 95.0% de Fisher LSD



Diseño completamente al Azar: análisis de capacidad de absorción de agua

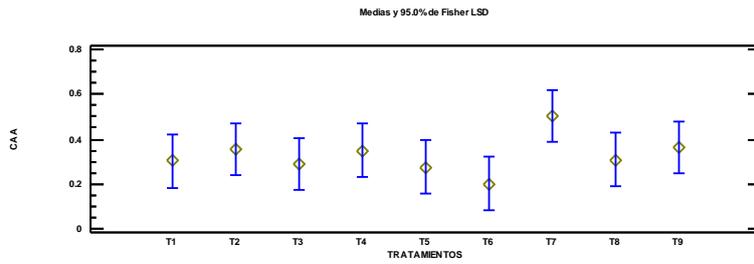
Tabla 13. ANOVA para CAA por tratamientos

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.1651	8	0.0206375	1.08	0.4179
Intra grupos	0.343263	18	0.0190702		
Total (Corr.)	0.508364	26			

Pruebas de Múltiple Rangos para CAA por tratamientos

Método: 95.0 porcentaje LSD

TRATAMIENTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T6	3	0.199667	X
T5	3	0.274	XX
T3	3	0.286667	XX
T1	3	0.301333	XX
T8	3	0.307	XX
T4	3	0.349333	XX
T2	3	0.353	XX
T9	3	0.363	XX
T7	3	0.502667	X



Diseño completamente al Azar: análisis de espesor

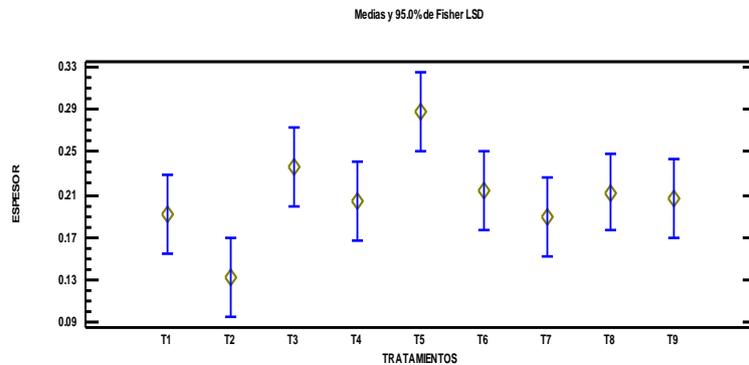
Tabla 14. ANOVA para espesor por tratamientos

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0417507	8	0.00521884	2.79	0.0336
Intra grupos	0.0336487	18	0.00186937		
Total (Corr.)	0.0753994	26			

Pruebas de Múltiple Rangos para espesor por tratamientos

Método: 95.0 porcentaje LSD

TRATAMIENTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T2	3	0.131	X
T7	3	0.188	XX
T1	3	0.192	XX
T4	3	0.204	XX
T9	3	0.207	X
T8	3	0.212333	X
T6	3	0.214333	XX
T3	3	0.236333	XX
T5	3	0.288333	X



Diseño completamente al Azar: análisis de color – L*

Tabla 15. ANOVA para L por tratamientos

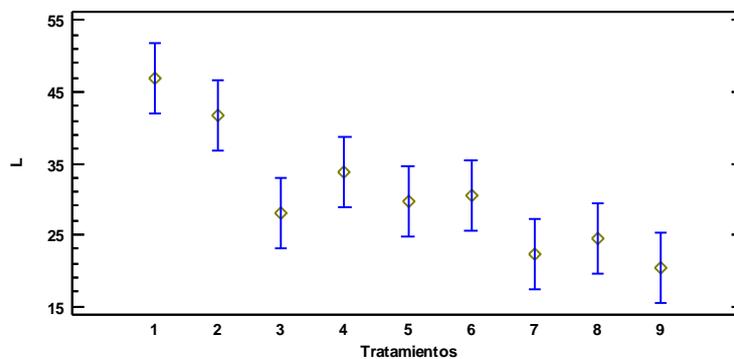
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1841.96	8	230.245	6.96	0.0003
Intra grupos	595.466	18	33.0815		
Total (Corr.)	2437.42	26			

Pruebas de Múltiple Rangos para L por tratamientos

Método: 95.0 porcentaje LSD

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
9	3	20.35	X
7	3	22.3967	XX
8	3	24.51	XXX
3	3	28.0533	XXX
5	3	29.74	XXX
6	3	30.5933	XX
4	3	33.7433	XX
2	3	41.6567	XX
1	3	46.9067	X

Medias y 95.0% de Fisher LSD



Diseño completamente al Azar: análisis de color – a*

Tabla 16. ANOVA para a por tratamientos

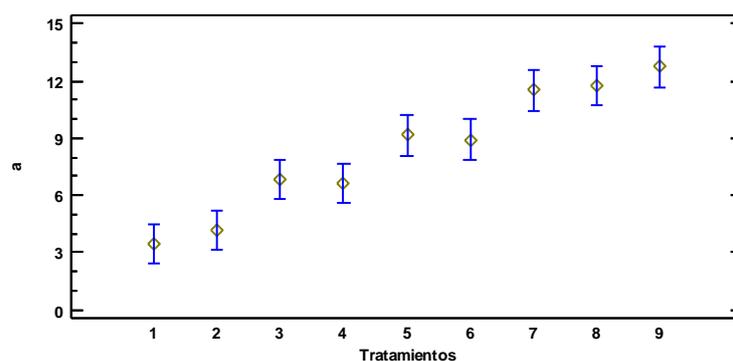
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	266.893	8	33.3616	22.03	0.0000
Intra grupos	27.2549	18	1.51416		
Total (Corr.)	294.148	26			

Pruebas de Múltiple Rangos para a por tratamientos

Método: 95.0 porcentaje LSD

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
1	3	3.42333	X
2	3	4.18333	X
4	3	6.62	X
3	3	6.82	X
6	3	8.93333	X
5	3	9.15333	X
7	3	11.52	X
8	3	11.7433	X
9	3	12.76	X

Medias y 95.0% de Fisher LSD



Diseño completamente al Azar: análisis de color – b*

Tabla 17. ANOVA para b por tratamientos

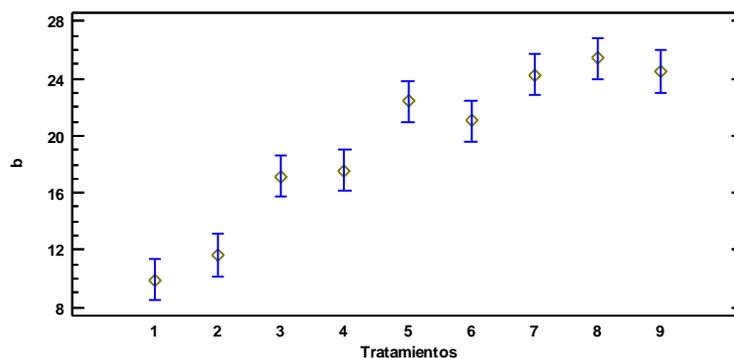
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	771.003	8	96.3753	34.07	0.0000
Intra grupos	50.9241	18	2.82911		
Total (Corr.)	821.927	26			

Pruebas de Múltiple Rangos para b por tratamientos

Método: 95.0 porcentaje LSD

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
1	3	9.88333	X
2	3	11.63	X
3	3	17.1433	X
4	3	17.5733	X
6	3	21.0267	X
5	3	22.42	XX
7	3	24.2733	XX
9	3	24.4967	XX
8	3	25.4167	X

Medias y 95.0% de Fisher LSD



Diseño completamente al Azar: análisis de color – ΔE

Tabla 18. ANOVA para ΔE por tratamientos

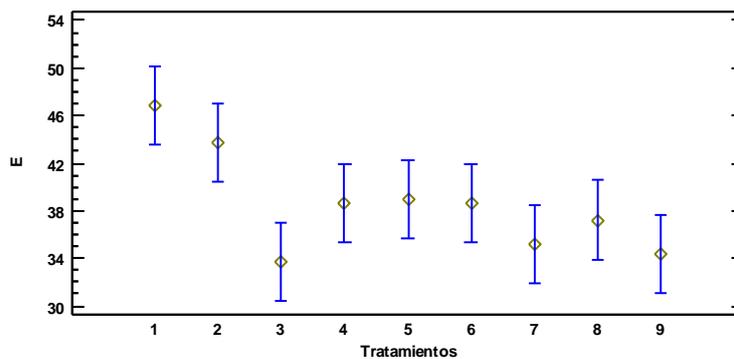
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	446.745	8	55.8431	3.78	0.0091
Intra grupos	265.823	18	14.768		
Total (Corr.)	712.568	26			

Pruebas de Múltiple Rangos para ΔE por tratamientos

Método: 95.0 porcentaje LSD

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
3	3	33.69	X
9	3	34.3967	X
7	3	35.1733	X
8	3	37.23	XX
6	3	38.6233	XX
4	3	38.66	XX
5	3	38.9333	XX
2	3	43.6833	XX
1	3	46.82	X

Medias y 95.0% de Fisher LSD



Diseño completamente al Azar: análisis de textura

Tabla 19. ANOVA para textura por tratamientos

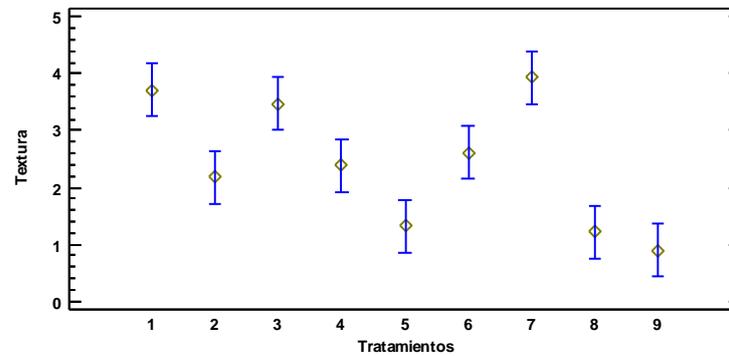
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	30.3758	8	3.79697	12.79	0.0000
Intra grupos	5.34487	18	0.296937		
Total (Corr.)	35.7207	26			

Pruebas de Múltiple Rangos para textura por tratamientos

Método: 95.0 porcentaje LSD

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
9	3	0.89	X
8	3	1.21667	X
5	3	1.32667	XX
2	3	2.18667	XX
4	3	2.38667	X
6	3	2.61333	XX
3	3	3.46667	XX
1	3	3.71333	X
7	3	3.93	X

Medias y 95.0% de Fisher LSD



INFORME ESTADISTICO

#	Descripción	Resultado	Ciclo 1 Dureza	Deformación según Dureza	% Deformación según dureza	Longitud de la muestra	
	Nombre Producto	Nombre de lote	Muestra	N	mm	%	
						mm	
1	BIOPLAST	20-80	1	1.20	2.56	5.1	50.00
2	BIOPLAST	20-80	2	1.16	2.62	5.2	50.00
3	BIOPLAST	20-80	3	1.29	2.96	5.9	50.00
			Mínimo	1.16	2.56	5.1	50.00
			Máximo	1.29	2.96	5.9	50.00
			Promedio	1.22	2.71	5.4	50.00
			Desviación Estandar	0.07	0.22	0.4	0.00

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción	Resultado	Deformación en Pico de Carga	Cantidad de Fracturas	Fracturabilidad	Caída Carga 1ª Fractura	
	Nombre Producto	Nombre de lote	Muestra	N	N	N	
1	BIOPLAST	20-80	1	0.05	401	0.10	0.02
2	BIOPLAST	20-80	2	0.05	423	0.12	0.02
3	BIOPLAST	20-80	3	0.06	368	0.08	0.02
Calculation Settings: Sensibilidad a la fractura: 1% de la carga			Mínimo	0.05	368	0.08	0.02
			Máximo	0.06	423	0.12	0.02
			Promedio	0.05	397	0.10	0.02
			Desviación Estandar	0.01	.28	0.02	0.00

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción	Resultado	Trabajo terminado 1ª Fractura	1ª Fractura Deformación	% Deformación 1ª Fractura	Promedio Pico de Carga	
	Nombre Producto	Nombre de lote	Muestra	mJ	mm	%	
						N	
1	BIOPLAST	20-80	1	0.0	0.04	0.1	1.20
2	BIOPLAST	20-80	2	0.0	0.02	0.0	1.16
3	BIOPLAST	20-80	3	0.0	0.04	0.1	1.29
Calculation Settings: Sensibilidad a la fractura: 1% de la carga			Mínimo	0.0	0.02	0.0	1.16
			Máximo	0.0	0.04	0.1	1.29
			Promedio	0.0	0.03	0.1	1.22
			Desviación Estandar	0.0	0.01	0.1	0.07

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Nombre Producto	Nombre de lote	Resultado	Ciclo 1 Dureza	Deformación según Dureza	%Deformación según dureza	Longitud de la muestra
			Muestra	N	mm	%	mm
1	BIOPLAST	30-70	1	3.63	3.35	6.7	50.00
2	BIOPLAST	30-70	2	4.12	3.86	7.7	50.00
3	BIOPLAST	30-70	3	4.04	3.92	7.8	50.00
			Mínimo	3.63	3.35	6.7	50.00
			Máximo	4.12	3.92	7.8	50.00
			Promedio	3.93	3.71	7.4	50.00
			Desviación Estandar	0.26	0.31	0.6	0.00

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Nombre Producto	Nombre de lote	Resultado	Ciclo 1 Trabajo Dureza	Carga a objetivo	Deformación a Objetivo	%Deformación según objetivo
			Muestra	terminos	N	mm	%
1	BIOPLAST	30-70	1	6.0	0.02	14.97	29.9
2	BIOPLAST	30-70	2	7.7	0.04	14.97	29.9
3	BIOPLAST	30-70	3	7.4	0.02	14.96	29.9
			Mínimo	6.0	0.02	14.96	29.9
			Máximo	7.7	0.04	14.97	29.9
			Promedio	7.0	0.03	14.97	29.9
			Desviación Estandar	0.9	0.01	0.01	0.0

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Nombre Producto	Nombre de lote	Resultado	Deformación en Pico de Carga	Cantidad de Fracturas	Fracturabilidad	Caida Carga 1ª Fractura
			Muestra		N	N	
1	BIOPLAST	30-70	1	0.07	157	0.14	0.04
2	BIOPLAST	30-70	2	0.08	38	0.31	0.06
3	BIOPLAST	30-70	3	0.08	32	0.14	0.06
Calculation Settings: Sensibilidad a la fractura: 1% de la carga			Mínimo	0.07	32	0.14	0.04
			Máximo	0.08	157	0.31	0.06
			Promedio	0.08	76	0.20	0.05
			Desviación Estandar	0.01	71	0.10	0.01

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Nombre Producto	Nombre de lote	Resultado	Ciclo 1 Dureza	Deformación según Dureza	%Deformación según dureza	Longitud de la muestra
			Muestra	N	mm	%	mm
1	BIOPLAST	50-50	1	1.43	3.26	6.5	50.00
2	BIOPLAST	50-50	2	1.02	3.13	6.3	50.00
3	BIOPLAST	50-50	3	1.53	3.39	6.8	50.00
			Mínimo	1.02	3.13	6.3	50.00
			Máximo	1.53	3.39	6.8	50.00
			Promedio	1.33	3.26	6.5	50.00
			Desviación Estandar	0.27	0.13	0.3	0.00

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción		Resultado	Ciclo 1 Trabajo Dureza	Carga a objetivo	Deformación a Objetivo	%Deformación según objetivo
	Nombre Producto	Nombre de lote	Muestra	terminado	N	mm	%
1	BIOPLAST	50-50	1	3.3	0.02	15.00	30.0
2	BIOPLAST	50-50	2	1.9	0.04	14.97	29.9
3	BIOPLAST	50-50	3	2.9	0.04	14.98	30.0
			Mínimo	1.9	0.02	14.97	29.9
			Máximo	3.3	0.04	15.00	30.0
			Promedio	2.7	0.03	14.98	30.0
			Desviación Estandar	0.7	0.01	0.02	0.1

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción		Resultado	Deformación en Pico de Carga	Cantidad de Fracturas	Fracturabilidad	Caída Carga 1ª Fractura
	Nombre Producto	Nombre de lote	Muestra		N	N	N
1	BIOPLAST	50-50	1	0.07	386	0.12	0.02
2	BIOPLAST	50-50	2	0.06	360	0.12	0.02
3	BIOPLAST	50-50	3	0.07	325	0.12	0.02
Calculation Settings: Sensibilidad a la fractura: 1% de la carga			Mínimo	0.06	325	0.12	0.02
			Máximo	0.07	386	0.12	0.02
			Promedio	0.07	357	0.12	0.02
			Desviación Estandar	0.01	31	0.00	0.00

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción		Resultado	Ciclo 1 Dureza	Deformación según Dureza	%Deformación según dureza	Longitud de la muestra
	Nombre Producto	Nombre de lote	Muestra	N	mm	%	mm
1	BIOPLAST	40-60	1	2.53	4.06	8.1	50.00
2	BIOPLAST	40-60	2	2.45	3.30	6.6	50.00
3	BIOPLAST	40-60	3	2.86	3.88	7.8	50.00
			Mínimo	2.45	3.30	6.6	50.00
			Máximo	2.86	4.06	8.1	50.00
			Promedio	2.61	3.75	7.5	50.00
			Desviación Estandar	0.22	0.40	0.8	0.00

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción		Resultado	Ciclo 1 Trabajo Dureza	Carga a objetivo	Deformación a Objetivo	%Deformación según objetivo
	Nombre Producto	Nombre de lote	Muestra	terminado	N	mm	%
1	BIOPLAST	40-60	1	5.1	0.08	14.88	29.8
2	BIOPLAST	40-60	2	4.4	0.06	14.99	30.0
3	BIOPLAST	40-60	3	5.6	0.02	14.97	29.9
			Mínimo	4.4	0.02	14.88	29.8
			Máximo	5.6	0.08	14.99	30.0
			Promedio	5.0	0.05	14.95	29.9
			Desviación Estandar	0.6	0.03	0.06	0.1

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Nombre Producto	Nombre de lote	Resultado Muestra	Deformación en Pico de Carga	Cantidad de Fracturas	Fracturabilidad	
						N	Carga Carga 1ª Fractura N
1	BIOPLAST	40-60	1	0.08	87	0.12	0.04
2	BIOPLAST	40-60	2	0.07	90	0.14	0.04
3	BIOPLAST	40-60	3	0.08	94	0.14	0.04
Calculation Settings: Sensibilidad a la fractura: 1% de la carga			Minimo	0.07	87	0.12	0.04
			Maximo	0.08	94	0.14	0.04
			Promedio	0.08	90	0.13	0.04
			Desviación Estandar	0.01	4	0.01	0.00

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Nombre Producto	Nombre de lote	Resultado Muestra	Trabajo terminado 1ª Fractura mJ	1ª Fractura Deformación		Promedio Pico de Carga N
					mm	% Deformación 1ª Fractura %	
1	BIOPLAST	40-60	1	0.0	0.09	0.2	2.53
2	BIOPLAST	40-60	2	0.0	0.09	0.2	2.45
3	BIOPLAST	40-60	3	0.0	0.02	0.0	2.86
Calculation Settings: Sensibilidad a la fractura: 1% de la carga			Minimo	0.0	0.02	0.0	2.45
			Maximo	0.0	0.09	0.2	2.86
			Promedio	0.0	0.07	0.1	2.61
			Desviación Estandar	0.0	0.04	0.1	0.22

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Nombre Producto	Nombre de lote	Resultado Muestra	Ciclo 1 Dureza		Deformación según Dureza mm	%Deformación según dureza %	Longitud de la muestra mm
				N				
1	BIOPLAST	60-40	1	2.26	3.28	6.6	50.00	
2	BIOPLAST	60-40	2	2.51	3.87	7.7	50.00	
3	BIOPLAST	60-40	3	2.39	3.40	6.8	50.00	
			Minimo	2.26	3.28	6.6	50.00	
			Maximo	2.51	3.87	7.7	50.00	
			Promedio	2.39	3.52	7.0	50.00	
			Desviación Estandar	0.13	0.31	0.6	0.00	

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Nombre Producto	Nombre de lote	Resultado Muestra	Ciclo 1 Trabajo Dureza terminado mJ	Carga a objetivo		Deformación a Objetivo mm	%Deformación según objetivo %
					N			
1	BIOPLAST	60-40	1	3.7	0.02	14.98	30.0	
2	BIOPLAST	60-40	2	4.7	0.02	14.98	30.0	
3	BIOPLAST	60-40	3	4.2	0.06	14.99	30.0	
			Minimo	3.7	0.02	14.98	30.0	
			Maximo	4.7	0.06	14.99	30.0	
			Promedio	4.2	0.03	14.98	30.0	
			Desviación Estandar	0.5	0.02	0.01	0.0	

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Nombre Producto	Nombre de lote	Resultado Muestra	Deformación en Pico de Carga	Cantidad de Fracturas	Fracturabilidad	
						N	Carga 1ª Fractura N
1	BIOPLAST	60-40	1	0.07	125	0.12	0.04
2	BIOPLAST	60-40	2	0.08	98	0.08	0.04
3	BIOPLAST	60-40	3	0.07	137	0.14	0.04
Calculation Settings: Sensibilidad a la fractura: 1% de la carga			Mínimo	0.07	98	0.08	0.04
			Máximo	0.08	137	0.14	0.04
			Promedio	0.07	120	0.11	0.04
			Desviación Estandar	0.01	20	0.03	0.00

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Nombre Producto	Nombre de lote	Resultado Muestra	Trabajo terminado 1ª Fractura ml	1ª Fractura Deformación mm	% Deformación 1ª Fractura		Promedio Pico de Carga N
						%	N	
1	BIOPLAST	60-40	1	0.0	0.05	0.1	2.26	
2	BIOPLAST	60-40	2	0.0	0.15	0.3	2.51	
3	BIOPLAST	60-40	3	0.0	0.14	0.3	2.39	
Calculation Settings: Sensibilidad a la fractura: 1% de la carga			Mínimo	0.0	0.05	0.1	2.26	
			Máximo	0.0	0.15	0.3	2.51	
			Promedio	0.0	0.11	0.2	2.39	
			Desviación Estandar	0.0	0.06	0.1	0.13	

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Nombre Producto	Nombre de lote	Resultado Muestra	Ciclo 1 Dureza N	Deformación según Dureza mm	% Deformación según dureza		Longitud de la muestra mm
						%	N	
1	BIOPLAST	70-30	1	3.08	2.56	5.1	50.00	
2	BIOPLAST	70-30	2	3.69	2.93	5.9	50.00	
3	BIOPLAST	70-30	3	3.63	3.44	6.9	50.00	
			Mínimo	3.08	2.56	5.1	50.00	
			Máximo	3.69	3.44	6.9	50.00	
			Promedio	3.47	2.98	6.0	50.00	
			Desviación Estandar	0.34	0.44	0.9	0.00	

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Nombre Producto	Nombre de lote	Resultado Muestra	Ciclo 1 Trabajo Dureza terminado N	Carga a objetivo N	Deformación a Objetivo		% Deformación según objetivo %
						mm	N	
1	BIOPLAST	70-30	1	5.8	0.06	15.00	30.0	
2	BIOPLAST	70-30	2	5.8	0.04	14.97	29.9	
3	BIOPLAST	70-30	3	7.1	0.02	14.96	29.9	
			Mínimo	5.8	0.02	14.96	29.9	
			Máximo	7.1	0.06	15.00	30.0	
			Promedio	6.2	0.04	14.98	29.9	
			Desviación Estandar	0.8	0.02	0.02	0.1	

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Nombre Producto	Nombre de lote	Resultado Muestra	Deformación en Pico de Carga	Cantidad de Fracturas	Fracturabilidad	Carga 1ª Fractura
						N	N
1	BIOPLAST	70-30	1	0.05	127	0.16	0.04
2	BIOPLAST	70-30	2	0.06	118	0.18	0.06
3	BIOPLAST	70-30	3	0.07	116	0.16	0.04
Calculation Settings: Sensibilidad a la fractura: 1% de la carga			Mínimo	0.05	116	0.16	0.04
			Máximo	0.07	127	0.18	0.06
			Promedio	0.06	120	0.17	0.05
			Desviación Estandar	0.01	6	0.01	0.01

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Nombre Producto	Nombre de lote	Resultado Muestra	Trabajo terminado 1ª Fractura ml	1ª Fractura Deformación	% Deformación 1ª Fractura	Promedio Pico de Carga
					mm	%	N
1	BIOPLAST	70-30	1	0.0	0.15	0.3	3.08
2	BIOPLAST	70-30	2	0.0	0.10	0.2	3.69
3	BIOPLAST	70-30	3	0.0	0.18	0.4	3.63
Calculation Settings: Sensibilidad a la fractura: 1% de la carga			Mínimo	0.0	0.10	0.2	3.08
			Máximo	0.0	0.18	0.4	3.69
			Promedio	0.0	0.14	0.3	3.47
			Desviación Estandar	0.0	0.04	0.1	0.34

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Nombre Producto	Nombre de lote	Resultado Muestra	Ciclo 1 Dureza	Deformación según Dureza	% Deformación según dureza	Longitud de la muestra
				N	mm	%	mm
1	BIOPLAST	90-10	1	3.94	3.37	6.7	50.00
2	BIOPLAST	90-10	2	2.39	2.79	5.6	50.00
3	BIOPLAST	90-10	3	4.81	3.93	7.9	50.00
			Mínimo	2.39	2.79	5.6	50.00
			Máximo	4.81	3.93	7.9	50.00
			Promedio	3.71	3.36	6.7	50.00
			Desviación Estandar	1.23	0.57	1.2	0.00

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Nombre Producto	Nombre de lote	Resultado Muestra	Ciclo 1 Trabajo Dureza terminado	Carga a objetivo	Deformación a Objetivo	% Deformación según objetivo
				mm	N	mm	%
1	BIOPLAST	90-10	1	7.4	0.14	14.99	30.0
2	BIOPLAST	90-10	2	4.2	0.04	14.97	29.9
3	BIOPLAST	90-10	3	9.1	0.02	14.97	29.9
			Mínimo	4.2	0.02	14.97	29.9
			Máximo	9.1	0.14	14.99	30.0
			Promedio	6.9	0.07	14.98	29.9
			Desviación Estandar	2.5	0.06	0.01	0.1

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Nombre Producto	Nombre de lote	Resultado Muestra	Deformación en Pico de Carga	Cantidad de Fracturas	Fracturabilidad	
						N	Cada Carga 1ª Fractura N
1	BIOPLAST	90-10	1	0.07	43	0.71	0.06
2	BIOPLAST	90-10	2	0.06	180	0.20	0.04
3	BIOPLAST	90-10	3	0.08	17	0.20	0.06
Calculation Settings: Sensibilidad a la fractura: 1% de la carga			Mínimo	0.06	17	0.20	0.04
			Máximo	0.08	180	0.71	0.06
			Promedio	0.07	80	0.37	0.05
			Desviación Estandar	0.01	88	0.29	0.01

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Nombre Producto	Nombre de lote	Resultado Muestra	Trabajo terminado 1ª Fractura mJ	1ª Fractura Deformación mm	% Deformación 1ª Fractura %	Promedio Pico de Carga
							N
1	BIOPLAST	90-10	1	0.3	1.02	2.0	3.94
2	BIOPLAST	90-10	2	0.0	0.26	0.5	2.39
3	BIOPLAST	90-10	3	0.0	0.18	0.4	4.81
Calculation Settings: Sensibilidad a la fractura: 1% de la carga			Mínimo	0.0	0.18	0.4	2.39
			Máximo	0.3	1.02	2.0	4.81
			Promedio	0.1	0.49	1.0	3.71
			Desviación Estandar	0.2	0.46	0.9	1.23

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Nombre Producto	Nombre de lote	Resultado Muestra	Ciclo 1 Dureza	Deformación según Dureza mm	% Deformación según dureza %	Longitud de la muestra mm
				N			
1	BIOPLAST	80-20	1	2.67	3.86	7.7	50.00
2	BIOPLAST	80-20	2	2.73	2.94	5.9	50.00
3	BIOPLAST	80-20	3	1.16	1.99	4.0	50.00
			Mínimo	1.16	1.99	4.0	50.00
			Máximo	2.73	3.86	7.7	50.00
			Promedio	2.19	2.93	5.9	50.00
			Desviación Estandar	0.89	0.94	1.9	0.00

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Nombre Producto	Nombre de lote	Resultado Muestra	Ciclo 1 Trabajo Dureza terminado	Carga a objetivo N	Deformación a Objetivo mm	% Deformación según objetivo %
				N			
1	BIOPLAST	80-20	1	5.2	0.00	14.97	29.9
2	BIOPLAST	80-20	2	5.1	0.06	14.99	30.0
3	BIOPLAST	80-20	3	1.5	0.02	14.97	29.9
			Mínimo	1.5	0.00	14.97	29.9
			Máximo	5.2	0.06	14.99	30.0
			Promedio	3.9	0.03	14.98	29.9
			Desviación Estandar	2.1	0.03	0.01	0.1

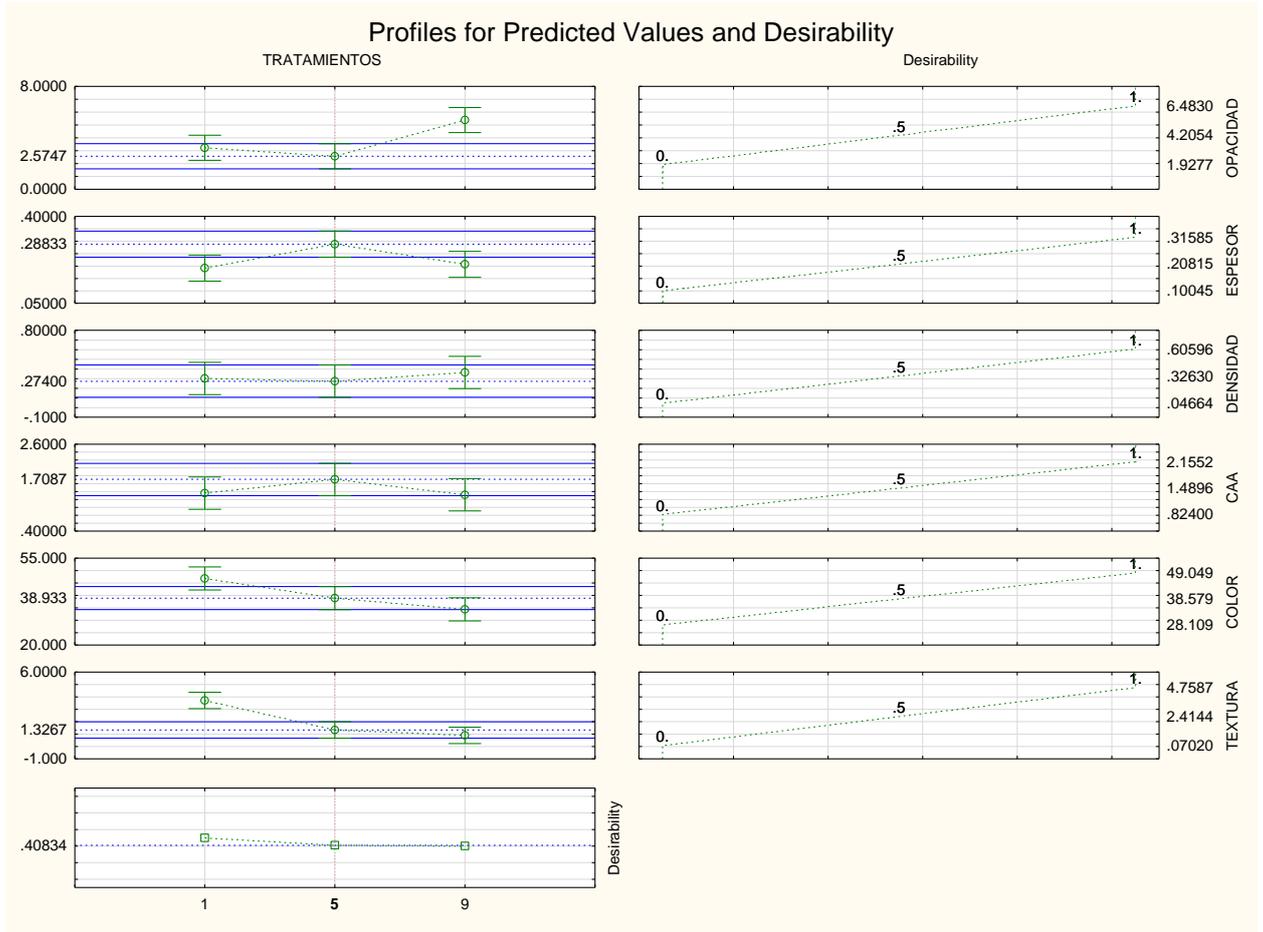
INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Nombre Producto	Nombre de lote	Resultado Muestra	Deformación en Pico de Carga	Cantidad de Fracturas	Fracturabilidad	Caída Carga 1ª Fractura
						N	N
1	BIOPLAST	80-20	1	0.08	80	0.14	0.08
2	BIOPLAST	80-20	2	0.06	114	0.12	0.04
3	BIOPLAST	80-20	3	0.04	344	0.10	0.02
Calculation Settings: Sensibilidad a la fractura: 1% de la carga			Mínimo	0.04	80	0.10	0.02
			Máximo	0.08	344	0.14	0.08
			Promedio	0.06	179	0.12	0.05
			Desviación Estándar	0.02	144	0.02	0.03

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Nombre Producto	Nombre de lote	Resultado Muestra	Trabajo terminado 1ª Fractura	1ª Fractura Deformación	% Deformación 1ª Fractura	Promedio Pico de Carga
				mJ	mm	%	N
1	BIOPLAST	80-20	1	0.0	0.17	0.3	2.67
2	BIOPLAST	80-20	2	0.0	0.08	0.2	2.73
3	BIOPLAST	80-20	3	0.0	0.01	0.0	1.16
Calculation Settings: Sensibilidad a la fractura: 1% de la carga			Mínimo	0.0	0.01	0.0	1.16
			Máximo	0.0	0.17	0.3	2.73
			Promedio	0.0	0.09	0.2	2.19
			Desviación Estándar	0.0	0.08	0.2	0.89

ANEXO 3. Función de deseabilidad en el bioplástico



CONSTANCIA DEL PROGRAMA TURNITIN

LA DIRECCIÓN DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN:

Hace constar que el Título:

**OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE CÁSCARA DE PAPA
(*Solanum Tuberosum*) Y PLÁTANO (*Musa Paradisiaca*) DE RESIDUOS DE
POLLERIAS Y TACACHERIAS DE LA CIUDAD DE HUÁNUCO**

Presentado por (el) (la) alumno (a) de la Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial.

GIULIANA ALEXANDRA MARTEL TOLENTINO

Documento aplicado al programa: "Turnitin" para su revisión.

Fecha: **27 de julio 2023**

Número de registro: **41**

Resultado: **18% de similitud general**

Porcentaje considerado: **Apto**, por disposición de la UNHEVAL.

Para lo cual firmo el presente para los fines correspondientes.

Atentamente.




Dr. Roger Estacio Laguna
Unidad de Investigación de la F.C.A.

NOMBRE DEL TRABAJO

OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE CÁSCARA DE PAPA (*Solanum tuberosum*) y PLÁTANO (*Musa paradisiaca*) DE RESIDUOS DE POLLERIAS Y TACACHERIAS DE LA CIUDAD DE HUÁNUCO

AUTOR

GIULIANA ALEXANDRA MARTEL TOLENTINO

RECuento de palabras

17996 Words

RECuento de caracteres

91344 Characters

RECuento de páginas

93 Pages

Tamaño del archivo

2.9MB

FECHA DE ENTREGA

Jul 27, 2023 4:03 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jul 27, 2023 4:04 PM GMT-5

● 18% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base

- 17% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente



Dr. Roger Estacio Laguna
Director de la Unidad de Investigación
Facultad Ciencias Agrarias



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN
HUANUCO - PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



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

En la ciudad de Huánuco a los **31 días** del mes de agosto del año **2023**, siendo las 11:00 am horas de acuerdo al Reglamento de Grado Académico y Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias y en virtud a la **Resolución de Consejo Universitario N° 2939-2022-UNHEVAL**, dispone que la sustentación de Tesis de Pregrado de manera Presencial, los miembros integrantes del Jurado Calificador de tesis con Resolución N° 454 2023 UNHEVAL-FCA-D, del **22/08/2023**, para proceder con la evaluación de la sustentación de la tesis titulada: “**OBTENCIÓN DE BIOPLASTICOS A PARTIR DE CÁSCARA DE PAPA (*Solanum tuberosum*) Y PLATANO (*Musa paradisiaca*) DE RESIDUOS DE POLLERIAS Y TACACHERÍAS DE LA CIUDAD DE HUÁNUCO**”, presentado por la Bachiller en Ingeniería Agroindustrial: **GIULIANA ALEXANDRA MARTEL TOLENTINO**, bajo el asesoramiento del **Dr. ANGEL DAVID NATIVIDAD BARDALES**.

El Jurado de tesis está integrado por los siguientes docentes:

Dr. Sergio Grimaldo Muñoz Garay.	:	Presidente
Dr. Rubén Max Rojas Portal.	:	Secretario
Mg. Fleli Ricardo Jara Claudio.	:	Vocal
Dr. Roger Estacio Laguna	:	Accesitario 1
Mg. Josué Zevallos García.	:	Accesitario 2

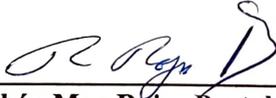
Finalizado el acto de sustentación, luego de la deliberación y verificación del calificativo por el Jurado, se obtuvo el siguiente resultado: APROBADO por UNANIMIDAD con el cuantitativo de 17 y cualitativo de MUY BUENO, quedando el sustentante APTO para que se le expida el **TÍTULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL**.

El acto de sustentación se dio por concluido, siendo las ... 12:30 horas.

Huánuco, 31 de AGOSTO del 2023



Dr. Sergio Grimaldo Muñoz Garay.
Presidente del Jurado de Tesis



Dr. Rubén Max Rojas Portal.
Secretario del Jurado de Tesis



Mg. Fleli Ricardo Jara Claudio.
Vocal del Jurado de Tesis

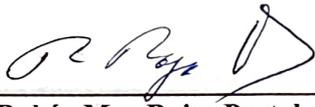
- Deficiente (11, 12, 13) Desaprobado
- Bueno (14, 15, 16) Aprobado
- Muy Bueno (17, 18) Aprobado
- Excelente (19, 20) Aprobado

OBSERVACIONES:

NINGUNA

Huánuco, 31 de AGOSTO del 2023


Dr. Sergio Grimaldo Muñoz Garay.
Presidente del Jurado de Tesis


Dr. Rubén Max Rojas Portal.
Secretario del Jurado de Tesis


Mg. Fleli Ricardo Jara Claudio.
Vocal del Jurado de Tesis

LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES:

Huánuco, ____ de ____ del 20__

Dr. Sergio Grimaldo Muñoz Garay.
Presidente del Jurado de Tesis

Dr. Rubén Max Rojas Portal.
Secretario del Jurado de Tesis

Mg. Fleli Ricardo Jara Claudio.
Vocal del Jurado de Tesis

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DIGITAL Y DECLARACIÓN JURADA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR UN GRADO ACADÉMICO O TÍTULO PROFESIONAL

1. Autorización de Publicación: (Marque con una "X")

Pregrado	X	Segunda Especialidad		Posgrado:	Maestría		Doctorado	
-----------------	---	-----------------------------	--	------------------	----------	--	-----------	--

Pregrado (tal y como está registrado en **SUNEDU**)

Facultad	CIENCIAS AGRARIAS
Escuela Profesional	INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
Carrera Profesional	INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
Grado que otorga	-----
Título que otorga	INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Segunda especialidad (tal y como está registrado en **SUNEDU**)

Facultad	-----
Nombre del programa	-----
Título que Otorga	-----

Posgrado (tal y como está registrado en **SUNEDU**)

Nombre del Programa de estudio	-----
Grado que otorga	-----

2. Datos del Autor(es): (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos**)

Apellidos y Nombres:	MARTEL TOLENTINO GIULIANA ALEXANDRA							
Tipo de Documento:	DNI	X	Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:	939480394
Nro. de Documento:	72317518				Correo Electrónico:	Alexandra_821@outlook.es		

Apellidos y Nombres:								
Tipo de Documento:	DNI		Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:	
Nro. de Documento:					Correo Electrónico:			

Apellidos y Nombres:								
Tipo de Documento:	DNI		Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:	
Nro. de Documento:					Correo Electrónico:			

3. Datos del Asesor: (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos** según **DNI**, no es necesario indicar el Grado Académico del Asesor)

¿El Trabajo de Investigación cuenta con un Asesor?: (marque con una "X" en el recuadro del costado, según corresponda)	SI	X	NO			
Apellidos y Nombres:	NATVIDAD BARDALES, ANGEL DAVID			ORCID ID:	https://orcid.org/ 0000-0002-4072-149X	
Tipo de Documento:	DNI	X	Pasaporte		Nro. de documento:	07464168

4. Datos del Jurado calificador: (Ingrese solamente los **Apellidos y Nombres** completos según **DNI**, no es necesario indicar el Grado Académico del Jurado)

Presidente:	MUÑOZ GARAY SERGIO GRIMALDO
Secretario:	ROJAS PORTAL RUBÉN MAX
Vocal:	JARA CLAUDIO FLELI RICARDO
Vocal:	
Vocal:	
Accesitario	

5. Declaración Jurada: (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos**)

a) Soy Autor (a) (es) del Trabajo de Investigación Titulado: (Ingrese el título tal y como está registrado en el Acta de Sustentación)
“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE CÁSCARA DE PAPA (<i>Solanum tuberosum</i>) Y PLÁTANO (<i>Musa paradisiaca</i>) DE RESIDUOS DE POLLERÍAS Y TACACHERÍAS DE LA CIUDAD DE HUÁNUCO”
b) El Trabajo de Investigación fue sustentado para optar el Grado Académico ó Título Profesional de: (tal y como está registrado en SUNEDU)
TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL
c) El Trabajo de investigación no contiene plagio (ninguna frase completa o párrafo del documento corresponde a otro autor sin haber sido citado previamente), ni total ni parcial, para lo cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias.
d) El trabajo de investigación presentado no atenta contra derechos de terceros.
e) El trabajo de investigación no ha sido publicado, ni presentado anteriormente para obtener algún Grado Académico o Título profesional.
f) Los datos presentados en los resultados (tablas, gráficos, textos) no han sido falsificados, ni presentados sin citar la fuente.
g) Los archivos digitales que entrego contienen la versión final del documento sustentado y aprobado por el jurado.
h) Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la Universidad Nacional Hermilio Valdizan (en adelante LA UNIVERSIDAD), cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del Trabajo de Investigación, así como por los derechos de la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y frente a terceros de cualquier daño que pudiera ocasionar a LA UNIVERSIDAD o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causas en la tesis presentada, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNIVERSIDAD en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del trabajo de investigación. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan.

6. Datos del Documento Digital a Publicar: (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos**)

Ingrese solo el año en el que sustentó su Trabajo de Investigación: (Verifique la Información en el Acta de Sustentación)			2023
Modalidad de obtención del Grado Académico o Título Profesional: (Marque con X según Ley Universitaria con la que inició sus estudios)	Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Tesis Formato Artículo
	Trabajo de Investigación	<input type="checkbox"/>	Trabajo de Suficiencia Profesional
	Trabajo Académico	<input type="checkbox"/>	Otros (especifique modalidad)
Palabras Clave: (solo se requieren 3 palabras)	Formulación	biopolímero	alternativa ecológica

Tipo de Acceso: (Marque con X según corresponda)	Acceso Abierto	<input checked="" type="checkbox"/>	Condición Cerrada (*)	<input type="checkbox"/>
	Con Periodo de Embargo (*)	<input type="checkbox"/>	Fecha de Fin de Embargo:	

¿El Trabajo de Investigación, fue realizado en el marco de una Agencia Patrocinadora? (ya sea por financiamientos de proyectos, esquema financiero, beca, subvención u otras; marcar con una “X” en el recuadro del costado según corresponda):	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>
Información de la Agencia Patrocinadora:				

El trabajo de investigación en digital y físico tienen los mismos registros del presente documento como son: Denominación del programa Académico, Denominación del Grado Académico o Título profesional, Nombres y Apellidos del autor, Asesor y Jurado calificador tal y como figura en el Documento de Identidad, Título completo del Trabajo de Investigación y Modalidad de Obtención del Grado Académico o Título Profesional según la Ley Universitaria con la que se inició los estudios.

7. Autorización de Publicación Digital:

A través de la presente. Autorizo de manera gratuita a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán a publicar la versión electrónica de este Trabajo de Investigación en su Biblioteca Virtual, Portal Web, Repositorio Institucional y Base de Datos académica, por plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente. Se autoriza cambiar el contenido de forma, más no de fondo, para propósitos de estandarización de formatos, como también establecer los metadatos correspondientes.

Firma: 		
Apellidos y Nombres:	MARTEL TOLENTINO GIULIANA ALEXANDRA	Huella Digital
DNI:	72317518	
Firma:		
Apellidos y Nombres:		Huella Digital
DNI:		
Firma:		
Apellidos y Nombres:		Huella Digital
DNI:		
Fecha: 21/09/2023		

Nota:

- ✓ No modificar los textos preestablecidos, conservar la estructura del documento.
- ✓ Marque con una X en el recuadro que corresponde.
- ✓ Llenar este formato de forma digital, con tipo de letra **calibri**, **tamaño de fuente 09**, manteniendo la alineación del texto que observa en el modelo, sin errores gramaticales (*recuerde las mayúsculas también se tildan si corresponde*).
- ✓ La información que escriba en este formato debe coincidir con la información registrada en los demás archivos y/o formatos que presente, tales como: DNI, Acta de Sustentación, Trabajo de Investigación (PDF) y Declaración Jurada.
- ✓ Cada uno de los datos requeridos en este formato, es de carácter obligatorio según corresponda.