

UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA SELVA CENTRAL JUAN SANTOS ATAHUALPA



FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Efectos de las concentraciones óptimas de glicerina y ácido acético en las propiedades mecánicas y degradación utilizando almidones de yuca, pituca y jengibre en bioplásticos nativos de la Selva Central - 2025.

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

AUTORES

Clara Jasmin Adan Alvarado

María De Los Ángeles Encarnación Llana

ASESOR

Dr. Manuel Emilio Reátegui Inga

Chanchamayo, Perú

2025

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis es mucho más que un trabajo académico, es el resultado de meses de dudas, aprendizajes, errores, conversaciones, silencios compartidos y decisiones que nos transformaron. Llegar hasta aquí no fue fácil, pero no lo hicimos solas. Cada parte de este proceso estuvo acompañada, directa o indirectamente, por personas que dejaron su huella.

En primer lugar, queremos agradecer profundamente a nuestro asesor Dr. Manuel Emilio Reátegui Inga, por su compromiso, su paciencia y su forma de guiarnos con firmeza, pero sin imposiciones. Gracias por confiar en nosotras incluso cuando nuestras ideas eran un borrador confuso. Supo escuchar con atención, cuestionar con respeto y acompañar sin forzar. Su apoyo fue clave para que este trabajo encontrara un rumbo y, sobre todo, un sentido.

A nuestras familias, que han sido nuestro verdadero hogar durante todo este proceso. A nuestras madres, por su cariño incondicional, por las palabras justas en los momentos más difíciles, por estar ahí siempre, incluso cuando no sabían bien cómo ayudarnos, pero lo hacían igual. A nuestros padres, por su fortaleza tranquila, por enseñarnos que no hay esfuerzo que no valga la pena, y por estar presentes, aunque a veces desde el silencio. Gracias por los mensajes de aliento. A todas y todos los que, desde su lugar, nos acompañaron en este camino: gracias. Esta tesis tiene nuestras voces, pero también muchas otras que la hicieron posible.

DEDICATORIA

A mis padres, por ser el pilar más firme en mi vida, por su amor inmenso, por cada sacrificio silencioso, por creer en mí incluso cuando yo dudaba, por enseñarme con su ejemplo que la constancia, la humildad y el trabajo honesto son el camino. A mis hermanos, por estar siempre presentes, por sus gestos sencillos pero llenos de cariño, por sus palabras oportunas y por hacerme sentir que nunca estuve sola. Y a esa persona especial que, con paciencia, respeto y cariño, supo acompañarme sin presiones, sosteniéndome con pequeños actos que hicieron más liviano este camino.

Clara Jasmin Adan Alvarado

A mis padres, por su amor incondicional y apoyo constante. A mis hermanos, por su compañía y aliento en cada paso. Y a Dios, por su guía, sabiduría y fortaleza que me han permitido completar esta obra. Esta tesis es un testimonio de su amor y providencia. Que sea de bendición y utilidad para todos.

María De Los Angeles Encarnación Llana

RESUMEN

El propósito de este estudio fue evaluar las concentraciones óptimas de glicerina y ácido acético en las propiedades mecánicas y degradación utilizando almidones de yuca, pituca y jengibre en bioplásticos nativos. Teniendo un enfoque de nivel aplicado, tipo cuantitativo y con un diseño factorial 3^3 , se aplicó un análisis de varianza (ANOVA). La población estuvo conformada por el almidón del jengibre, yuca y pituca y la muestra correspondió a 5 kg de cada uno de los almidones. Los resultados revelaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en las propiedades de los bioplásticos según el almidón empleado. El bioplástico elaborado del almidón de jengibre que obtuvo una tracción óptima fue resultado del T1 con la combinación 3 ml de ácido acético y 5 ml de glicerina, el bioplástico elaborado del almidón de jengibre que obtuvo una elongación óptima fue resultado del T8 con la combinación 7 ml de ácido acético y 10 ml de glicerina y para la degradación el bioplástico elaborado a partir del almidón de pituca con el T21 con la combinación 3 ml de ácido acético y 15 ml de glicerina obtuvo los resultados más óptimos en una menor cantidad de días. Se concluye que las concentraciones óptimas varían según la propiedad evaluada, demostrando que no existe una única combinación ideal para maximizar tanto las propiedades mecánicas como la biodegradación, Sin embargo, todas las formulaciones cumplieron con los estándares de biodegradación establecidos por la norma UNE-EN 13432:2001, lo que evidencia el potencial de estos bioplásticos para aplicaciones sostenibles.

Palabras clave: bioplástico, jengibre, yuca, pituca, degradación.

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate optimal glycerin and acetic acid concentrations on the mechanical properties and degradation of cassava, pituca, and ginger starches in native bioplastics. Using an applied-level, quantitative approach and a 3³ factorial design, an analysis of variance (ANOVA) was applied. The population consisted of ginger, cassava, and pituca starches, and the sample corresponded to 5 kg of each starch. The results revealed statistically significant differences ($p < 0.05$) in the properties of the bioplastics depending on the starch used. The bioplastic made from ginger starch that obtained optimal traction was obtained from T1 with a combination of 3 ml of acetic acid and 5 ml of glycerin. The bioplastic made from ginger starch that obtained optimal elongation was obtained from T8 with a combination of 7 ml of acetic acid and 10 ml of glycerin. For degradation, the bioplastic made from pituca starch obtained from T21 with a combination of 3 ml of acetic acid and 15 ml of glycerin obtained the most optimal results in the fewest days. It is concluded that optimal concentrations vary depending on the property evaluated, demonstrating that there is no single ideal combination to maximize both mechanical properties and biodegradation. However, all formulations met the biodegradation standards established by the UNE-EN 13432:2001 standard, demonstrating the potential of these bioplastics for sustainable applications.

Keywords: bioplastic, ginger, cassava, pituca, degradation.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
CAPÍTULO I.....	13
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.1 Fundamentación del Problema.....	13
1.2 Formulación del Problema.....	14
1.2.1 Problema General.....	14
1.2.2 Problemas Específicos.....	14
1.3 Objetivos.....	14
1.3.1 Objetivo General.....	14
1.3.2 Objetivos Específicos.....	14
1.4 Definición y Operacionalización de Variables.....	16
1.5 Hipótesis.....	17
1.5.1 Hipótesis General.....	17
1.6 Justificación.....	17
CAPÍTULO II.....	18
MARCO TEÓRICO.....	18
2.1 Antecedentes.....	18
2.2 Bases teóricas.....	20
2.2.1 Jengibre.....	20
2.2.2 Pituca.....	22
2.2.3 Yuca.....	24
2.2.4 Almidón.....	26
2.2.5 Bioplástico.....	27
2.2.6 Plastificante.....	28
2.2.7 Ácido Acético.....	28
2.2.8 Glicerina.....	28

2.2.9	Agua Destilada	28
2.2.10	Biodegradabilidad.....	28
2.2.11	UNE 13433:2001 Envases y embalajes. Requisitos de los envases y embalajes valorizables mediante compostaje y biodegradación	28
2.2.12	Resistencia de Tracción del Plástico	28
2.2.13	Elongación de Plástico	29
2.2.14	Norma ASTM D882-18 Método de Prueba Estándar para las Propiedades de Tracción de Láminas de Plástico Delgadas.....	29
2.2.15	Ley de Plásticos N° 30884 Ley que Regula el Plástico de un Solo Uso y Los Recipientes o Envases Descartables.....	29
2.2.16	Residuos Sólidos	29
2.2.17	Residuos Biodegradables.....	29
CAPÍTULO III		30
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		30
3.1	Ámbito.....	30
3.1.1	Ubicación Política	30
3.1.2	Ubicación Geográfica	30
3.2	Tipo, Nivel y Diseño de Investigación	30
3.2.1	Tipo.....	30
3.2.2	Nivel	31
3.2.3	Diseño de Investigación.....	31
3.3	Población y Muestra	31
3.3.1	Población	31
3.3.2	Muestra	31
3.3.3	Diseño Experimental	31
3.4	Procedimientos, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	33
3.4.1	Procedimientos	33
3.5	Análisis de Datos	37
CAPÍTULO IV		38

RESULTADOS Y DISCUSIONES	38
4.1 Presentación de Resultados y Discusiones	38
4.1.1 Glicerina y Ácido Acético Óptimos para Tracción del Bioplástico	38
4.1.2 Análisis de Relación de Variables para la Tracción	39
4.1.3 Optimización para la Tracción	42
4.1.4 Glicerina y Ácido Acético Óptimos para Elongación del Bioplástico	43
4.1.5 Análisis de Relación de Variables para la Elongación	45
4.1.6 Optimización para la Elongación	47
4.1.7 Glicerina y Ácido Acético Óptimos para Degradación del Bioplástico según UNE 13432-2001	49
4.1.8 Relación de Variables para la Degradación.....	52
4.1.9 Optimización para la Degradación	53
4.1.10 Glicerina y Ácido Acético Óptimos en Propiedades Mecánicas y de Degradación para Bioplásticos	57
4.2 Prueba de Hipótesis	58
CONCLUSIONES.....	59
RECOMENDACIONES	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEXOS	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	16
Tabla 2. Clasificación taxonómica	21
Tabla 3. Composición del jengibre (<i>Z. officinale</i>).....	22
Tabla 4. Clasificación taxonómica	23
Tabla 5. Composición de la Pituca (<i>C. esculenta</i>).....	24
Tabla 6. Clasificación taxonómica	26
Tabla 7. Análisis proximal de almidón de yuca	26
Tabla 8. Niveles de los factores para los tratamientos	32
Tabla 9. Diseño experimental factorial 3 ³	32
Tabla 10. Factores y niveles	33
Tabla 11. Resultados de tracción utilizando los almidones de jengibre, yuca y pituca.....	38
Tabla 12. Análisis ANOVA para la tracción	40
Tabla 13. Resultados de la elongación utilizando los almidones de jengibre, yuca y pituca ..	43
Tabla 14. Análisis ANOVA para la elongación	46
Tabla 15. Resultados de los porcentajes de degradación utilizando los almidones de jengibre, yuca y pituca.....	50
Tabla 16. Análisis ANOVA de medidas repetidas para resultados de los Pesos de degradabilidad	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Jengibre "Zingiber officinale"	21
Figura 2. Pituca "Colocasia. Esculenta"	23
Figura 3. Yuca "Manihot. Esculenta"	25
Figura 4. Estructura química de la amilasa	27
Figura 5. Estructura química de la amilopectina	27
Figura 6. Mapa de ubicación del distrito de Pichanaqui	30
Figura 7. Proceso de obtención del almidón	34
Figura 8. Proceso de elaboración del bioplástico	35
Figura 9. Bioplásticos recortados para la prueba de tracción.....	39
Figura 10. Interacciones entre la materia, ácido acético y glicerina para la tracción	40
Figura 11. Optimización de respuesta y modelo de superficie de respuesta para la tracción	42
Figura 12. Elongación máxima en los tres bioplásticos	45
Figura 13. Interacciones entre la materia, ácido acético y glicerina para la elongación	46
Figura 14. Optimización de respuesta y modelo de superficie de respuesta para la elongación	48
Figura 15. Degradación de los bioplásticos.....	52
Figura 16. Optimización de respuesta para la degradación	55
Figura 17. Modelo de superficie de respuesta para la degradación cada 10 días.....	56

INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como finalidad evaluar las concentraciones óptimas de glicerina y ácido acético en las propiedades mecánicas y de degradación de bioplásticos elaborados a partir de almidones extraídos de yuca, pituca y jengibre, productos nativos de la Selva Central del Perú. El uso indiscriminado de plásticos convencionales derivados del petróleo ha generado serios impactos ambientales a nivel mundial, especialmente debido a su baja tasa de reciclaje y su alta persistencia en el ambiente.

A nivel nacional, el consumo de plástico por habitante ha aumentado considerablemente, siendo responsable de la acumulación de residuos en espacios naturales y cuerpos de agua, situación también evidente en el distrito de Pichanaqui, donde los residuos plásticos de un solo uso representan un problema significativo para la salud pública y el ambiente.

Frente a esta problemática, se han explorado alternativas sostenibles como la producción de bioplásticos a base de almidones vegetales. La yuca (*Manihot esculenta*), la pituca (*Colocasia esculenta*) y el jengibre (*Zingiber officinale*) son cultivos de gran valor socioeconómico en la región, y estudios previos han demostrado que sus almidones poseen características apropiadas para la elaboración de bioplásticos biodegradables. Estos materiales, al ser combinados con plastificantes como la glicerina y modificadores como el ácido acético, pueden formar láminas flexibles con potencial de sustituir al plástico convencional.

Este estudio se enfoca en determinar las proporciones más adecuadas de dichos aditivos, midiendo su influencia en propiedades como la resistencia a la tracción, elongación y biodegradabilidad, en concordancia con normas técnicas como la UNE-EN 13432:2001 y ASTM D882-18. El objetivo final es sentar las bases para una alternativa tecnológica, ambiental y económicamente viable, que permita el aprovechamiento de recursos locales en la producción de bioplásticos, contribuyendo así al desarrollo sostenible del distrito de Pichanaqui y sus zonas aledañas.

La investigación está conformada por capítulos, los cuales se describen a continuación:

Capítulo I: Muestra la identificación y determinación del problema, asimismo se describen los objetivos, hipótesis de la investigación. También contempla la, definición y operacionalización de las variables y la justificación.

Capítulo II: Describe los antecedentes regionales nacionales e internacionales de la investigación, las bases teóricas y la definición de términos básicos que se emplearon en la investigación.

Capítulo III: Presenta la metodología empleada como: ámbito, enfoque, método, nivel, tipo y diseño de investigación; así como también la población, muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos y procedimientos.

Capítulo IV: Presentación, análisis e interpretación de los resultados, así como también la prueba de hipótesis y la discusión de resultados.

Finalmente se tiene las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos respectivos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Fundamentación del Problema

A nivel mundial la contaminación por residuos plásticos tiene un gran impacto siendo uno de los principales problemas medioambientales que afectan nuestro entorno, cada año se producen 2010 millones de toneladas de residuos sólidos municipales (Roa, 2022) de los cuales 350 millones de toneladas son residuos plásticos (Melo, 2023) gran parte de estos desechos no se gestionan adecuadamente provocando que solo el 9% sean reciclados, el 19% incinerados, el 50% depositados en vertederos y el 22% llegan al suelo y el agua (OCDE, 2022a).

El consumo de plásticos se ha cuadruplicado en comparación a décadas anteriores, a consecuencia del crecimiento poblacional y los diversos mercados emergentes, llegando a producir 460 millones de toneladas, siendo la mitad de estos de un solo uso (MINAM, 2017), generando que el 79% de los productos plásticos producidos desde 1950 lleguen a diversos rellenos sanitarios sin ningún tipo de valorización, provocando el colapso y acortando su vida útil, de la misma manera, son depositados en botaderos no controlados donde son quemados en fosas abiertas (Rivas, 2019; OCDE, 2022b).

Por otra parte, los océanos cada año son contaminados con 8 millones de toneladas de plásticos, llegando a afectar la fauna marina, provocando la muerte por intoxicación y generando pérdidas económicas a los sectores dependientes del mar (EUROPARL, 2018; ECODES, 2020). Asimismo, perjudica a la flora y fauna terrestre, así como problemas de salud, degradación del ecosistemas, impacto turístico y emisiones de dióxido de carbono (ONU, 2023).

En el Perú, aproximadamente se utilizan 30 kg/año/hab. de plástico, sumando casi 3 mil millones de bolsas plásticas y cerca de 6 mil bolsas por cada minuto (MINAM, 2021). Actualmente fue publicado la Ley N° 30884, que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartable, debido a la excesiva contaminación y el tiempo que tardan en degradarse dependiendo del tipo de plástico (Barreiro y Coronel, 2021), la ley también incluye temas de fiscalización y sanciones para quienes incumplan la norma.

Debido a la gran contaminación provocada se exploraron nuevas soluciones que no afecten al ambiente ni a la salud humana, fomentando el uso de bioplásticos conseguidos a partir de recursos renovables que contengan polisacáridos como el almidón.

En el país se produce el jengibre, la yuca y la pituca siendo productos importantes en la actividad socioeconómica, nutricional y son altamente beneficiosos para la buena salud, sin embargo, estos productos cuentan con estudios en el cual se revela que son una

excelente fuente de almidón convirtiéndolas en un producto apropiado para obtener plásticos biodegradables (Espinoza y Oscco, 2021; Hormaza & Salazar, 2021).

El distrito de Pichanaqui no es ajeno a la problemática, ya que los residuos poseen una inadecuada disposición final, llegando a los cauces de los ríos, espacios abiertos, aceras, carreteras y parques, evidenciando que la mayor parte de estos desechos son los plásticos, que no solo causa problemas de salud y estéticos, sino que también contamina en gran medida el ambiente debido al tiempo que conlleva su descomposición (Bustamante, 2014).

1.2 Formulación del Problema

1.2.1 Problema General

- ¿Cuál será la concentración óptima de glicerina y ácido acético en las propiedades mecánicas y degradación utilizando almidones de yuca, pituca y jengibre en bioplásticos nativos de la Selva Central - 2025?

1.2.2 Problemas Específicos

- ¿Cuál es la concentración óptima de glicerina y ácido acético empleando almidones de yuca, pituca y jengibre para lograr la tracción máxima del bioplástico?
- ¿Cuál es la concentración óptima de glicerina y ácido acético para lograr la elongación máxima del bioplástico, utilizando almidones de yuca, pituca y jengibre?
- ¿Cuál será la concentración óptima de glicerina y ácido acético para obtener el mayor porcentaje de degradación de los bioplásticos empleando almidones de yuca, pituca y jengibre en referencia a la norma UNE-EN 13432:2001?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Evaluar las concentraciones óptimas de glicerina y ácido acético en las propiedades mecánicas y degradación utilizando almidones de yuca, pituca y jengibre en bioplásticos nativos de la Selva Central - 2025.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar la concentración óptima de glicerina y ácido acético empleando almidones de yuca, pituca y jengibre para lograr la tracción máxima de bioplásticos.

- Determinar la concentración óptima de glicerina y ácido acético para lograr la elongación máxima del bioplástico, utilizando almidones de yuca, pituca y jengibre.
- Calcular la concentración óptima de glicerina y ácido acético para obtener el mayor porcentaje de degradación, empleando almidones de yuca, pituca y jengibre en referencia a la norma UNE-EN 13432:2001.

1.4 Definición y Operacionalización de Variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
Independiente:				
Parámetros de elaboración	El almidón es un producto natural, el cual se encuentra conformado por 2 polisacáridos, amilosa y amilopectina (Dicenta, 2015).	Almidón	Jengibre	g
			Yuca	
			Pituca	
	La glicerina es un líquido viscoso que se obtiene por hidrólisis de grasas y aceites que se encuentran en alimentos, cosméticos y productos farmacéuticos (Navarro, 2020).	Glicerina	5	ml
			10	
			15	
	El ácido acético es un líquido incoloro y se utiliza como materia prima para la producción de diversos compuestos (DC Fine, 2022).	Ácido acético	3	ml
5				
			7	
Dependiente:				
Propiedades mecánicas	La resistencia de tracción es la cantidad de fuerza que se puede aplicar a un plástico antes de que se rompa (INSTRON, 2023).	Resistencia	Fuerza de tracción máxima	Pa
	La elongación es el porcentaje al que se puede llegar, sin una deformación permanente en la muestra (PLSC, 2023).		Elongación máxima	mm
Degradación	La degradación es un proceso natural que descompone un material el dióxido de carbono, metano, agua y constituyentes orgánicos (Ccallo et al., 2020).	Biodegradabilidad	Porcentaje de masa de pérdida por día	%/día

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis General

La concentración óptima de glicerina y ácido acético en las propiedades mecánicas y degradación de bioplásticos nativos de la Selva Central es de 5 ml y 3 ml respectivamente.

1.6 Justificación

1.6.1. Ambiental

La alternativa de contribuir con la naturaleza, aprovechando los residuos naturales como el jengibre, la yuca y pituca nos permite reemplazar el polietileno garantizando un producto de menor tiempo de degradación y amigable con el ambiente, de este modo contribuir con el mejoramiento ambiental, evitando la acumulación de desechos, especialmente del plástico.

1.6.2. Social

En el distrito de Pichanaqui se produce el jengibre, la yuca y la pituca, las cuales no cuentan con muchas investigaciones en la producción de bioplásticos, dentro del lugar se evidencia el gran problema del consumo de residuos de un solo uso, es por ello que el uso de estas materias primas son de gran utilidad para elaborar plásticos biodegradables y contando con una investigación detallada se puede producir a gran escala, generando una industria de bioplásticos dentro del distrito, provocando empleos y la mejora de la calidad de vida.

1.6.3. Económico

La elaboración del bioplástico es una alternativa sostenible, eficaz y capaz de reducir el uso de bolsas plásticas, llegando a ser un producto ideal debido que para su fabricación no requiere elementos derivados del petróleo lo cual favorecerá al crecimiento económico del distrito ya que se utilizaran materias primas producidas en el sector por consiguiente se puede generar una industria de plásticos biodegradables que sea rentable y más adelante ser introducidos al mercado peruano.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1. Internacional

Montoya et al. (2022), elaboraron bandejas biodegradables a escala de laboratorio, a partir de la corteza de plátano (*M. paradisiaca*) y almidón de maíz (*Z. mays*). La metodología utilizada consistió en extraer el almidón de las cáscaras de plátano, para que puedan ser utilizados como materia prima para elaborar bioplásticos. Elaboraron 16 tratamientos en el que examinaron los bioplástico obtenidos (bandejas de cáscara de plátano y almidón de maíz) con la ayuda de análisis físicos: capacidad de absorción de agua, densidad, color, espesor y resistencia a la tensión. También determinaron las propiedades del almidón de las cáscaras de plátano obteniendo como resultado: 42% de humedad, 3.52 % de proteína y 0.26% de amilosa/amilopectina, el tratamiento óptimo en la capacidad de absorción y en la resistencia de la tensión en las bandejas biodegradables fue en A4B3 (40 g de cáscara y 20 g de almidón de maíz) con 0.53 de absorción y 39.73N. Con respecto a la densidad el tratamiento A4B1 (40 g de cáscara y 40 g de almidón maíz) obtuvo 4.93 g/cm³, siendo este la mayor densidad en el estudio.

Nivelo (2021), obtuvo plásticos biodegradables a partir del almidón de jengibre (*Z. officinale*) para su uso en el embalaje de alimentos. Su metodología consistió en extraer almidón mediante 2 vías (húmeda y seca), caracterizó fisicoquímica el almidón conseguido según la norma INEN-1456, realizó ensayos previos para determinar concentraciones adecuadas de almidón y plastificante, evaluó la degradabilidad en 3 medios como el suelo, el agua y el ambiente, y realizó ensayos de tracción y elongación. Los resultados obtenidos indican que la extracción de almidón por la vía húmeda sea un método más eficaz, según la caracterización el almidón se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la norma, la degradabilidad en su totalidad de los plásticos se dio en un lapso de 5 semanas en los 3 medios como el agua, suelo y ambiente, por último, los resultados de tracción y elongación obtuvieron más del 22% de elongación.

Zamora & Riera (2020), elaboraron un bioplástico basado en almidón de maíz. La metodología que realizaron fue extraer el almidón de los granos de maíz, después fue empleado con glicerina y ácido acético para la fabricación de una lámina de bioplástico. Después de realizar los procesos correspondientes obtuvieron un resultado de 5.72% menor respecto a otros casos estudiados y un porcentaje de degradación del bioplástico de 89.40% para un tiempo de 42 días de experimentación. Llegando a la conclusión que el almidón es un componente de

importante para la elaboración del bioplástico pues es responsable junto con la glicerina en afectar la consistencia, elasticidad y estabilidad de este biopolímero.

Ruiloba, et al. (2018), recopilaron información de la importancia de los polímeros en las industrias de mango en Panamá. La metodología que emplearon fue la remoción del mesocarpio de manera manual, extrajeron el interior de la semilla removiendo su cubierta exterior. Secando la semilla en un deshidratador de alimentos en un periodo de 16 horas a 50 °C, posteriormente fue removido el mesocarpio de manera manual y fue molido con un molino. La harina que obtuvieron la colocaron en agua teniendo en cuenta una proporción de 1:4, luego el homogeneizado se filtró 4 veces. Se centrifugó el sobrenadante a 3500 rpm x 15 min. El sedimento correspondiente al almidón se secó en el deshidratador de alimentos a 38 °C por 13 h. Concluyeron que el bioplástico elaborado demostró que el almidón aislado de las semillas de mango puede ser empleadas para la elaboración de biomateriales. Observando que existe un alto potencial para el uso de la semilla de mango como fuente de almidón.

2.1.2. Nacional

García (2022), desarrolló empaques biodegradables a partir del almidón de yuca y maíz. La metodología consistió en la aplicación de la glicerina como plastificante en diferentes cantidades (40 y 20%) donde evaluaron sus propiedades mecánicas, análisis térmico, análisis de biodegradabilidad y otros. En total realizaron 8 tratamientos, 4 tratamientos con la glicerina al 20% y los otros 4 se aplicó al 40% de glicerina. Como resultado, obtuvieron malas propiedades mecánicas frente al plástico convencional, considerando los factores de tensión (0.3133 MPa) y espesor (0.16mm), señalaron que tiene una ligera capacidad antioxidante, ser biodegradable (0, 15, 39 y 60 días) y al final un peso mínimo de 0.32 gr.

Machaca (2022), determinó la biodegradabilidad del bioplástico obtenido del almidón de semilla de palta con mejores propiedades mecánicas. Utilizaron una metodología con la cual produjeron 9 tipos de bioplásticos utilizando distintas dosis de ácido acético y glicerina (3.5 - 7 ml y 5 -10 - 15 ml) respectivamente después evaluaron las propiedades mecánicas siguiendo la norma ASTM D882. Logrando como resultados que la muestra que contenía 7 ml de ácido acético y 5 ml de Glicerina mostraron una mejor resistencia a la tracción de 2.82 MPa y una elongación de 12.89% y mostró una degradación máxima del 33.47% a los 90 días.

Tantarico et al. (2021), elaboraron planchas biodegradables a base de almidón de pituca con sustitución parcial por harina de cacao. Aplicando una metodología de diseño experimental en la cual las planchas se procesaron empleando distintas formulaciones de cáscara de cacao (0% y 15% p/p), evaluaron las características físico mecánicas y la degradación. Como resultado, al sustituir el almidón por la cáscara de cacao consiguieron un color marrón con menos luminosidad, y señalaron que al aumentar fibra se reduce la densidad

y humedad, la formulación del 10% les permitió obtener mayor resistencia mecánica, mencionan que obtuvieron una baja tasa de degradación en 40 días en los que emplearon microorganismos y hongos.

Hormaza & Salazar (2021), evaluaron la biodegradabilidad de películas plastificadas elaborados a partir de almidón de *S. tuberosum* a diferentes dosis del plastificante y ácido acético, su metodología consistió en extraer almidón de papa, mezclarla con agua destilada glicerina (5 y 10 ml) y ácido acético (3, 5 y 10 ml), también realizaron un ensayo de biodegradación por el método gravimétrico. Sus resultados demostraron que los bioplásticos elaborados con dosis de 10 ml de glicerina y 3 ml de ácido acético alcanzaron el 86.49% de biodegradabilidad ya que presentó un mejor porcentaje de pérdida de peso.

2.1.3. Regional

Espinoza & Oscco (2021), evaluaron la influencia de la glicerina y melamina en la propiedad físico-mecánica de elongación y biodegradabilidad del bioplástico de almidón de semilla de palta (*P. americana Mill*). En la metodología usaron 50 kg de semilla de palta para 4 tratamientos con 3 repeticiones que seleccionaron por un muestreo de tipo no probabilístico intencional. Como resultado obtuvieron que para obtener una elongación máxima de 70.73 kg/cm² la concentración óptima es de 3% de glicerina y 9% de melamina, para la biodegradabilidad bajo condiciones aeróbicas en un tiempo de 20 días para la biodegradabilidad máxima de 85.38% lo obtuvieron con una concentración de 2.38% de glicerina y 6% de melamina.

Cajahuaman & Huaranga (2020), evaluaron la resistencia tensil de un plástico biodegradable obtenido a partir del almidón de papa (*S. tuberosum*) de la variedad Huayro. Emplearon una metodología que les permitió extraer el almidón de papa mediante la extracción por decantación y usaron un volumen de ácido acético de 3 ml, 5 ml y 10 ml y para la glicerina emplearon los niveles de 5 ml, 10 ml y 15 ml. Finalmente obtuvieron resultados donde se pudieron encontrar el mejor valor de resistencia tensil, cuyo resultado fue de 1.55 MPa utilizando un volumen de 3 ml de ácido acético y 5 ml de glicerina.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Jengibre

a) **Características generales.** Es una planta de la familia del jengibre. Su nombre original es sringavera, que tiene como significado “en forma de trompeta”. Los tallos son redondos de unos 60-90 cm de largo, las hojas son lanceoladas y muy finas, se utilizan principalmente sus rizomas (Ministerio de Producción y Trabajo, 2017). Además, el sabor del jengibre es picante, a nivel nacional, se cultiva en algunas localidades como Pichanaqui, Satipo, La Merced, Pangoa, Mazamari y entre otros (Maraví, 2018).

En estos últimos años la planta del jengibre viene siendo estudiado en mayor medida ya que se ha estado produciendo bioplásticos a partir de su almidón a nivel de laboratorio llegándose a obtener resultados positivos debido al poco tiempo que se emplea en su degradación, como menciona Niveló (2021) logró obtener un bioplástico capaz de degradarse en su totalidad en 5 semanas teniendo en cuenta tres medios (agua, suelo y ambiente) así mismo también menciona que el almidón obtenido se encuentra dentro de los parámetros establecidos en la norma INEN-1456.

Figura 1

Jengibre "Zingiber officinale"



Nota. El gráfico representa al rizoma de la planta del jengibre “*Z. officinale*”. Tomado de (Salgado, 2011).

b) Clasificación taxonómica

Tabla 2

Clasificación taxonómica

Reino	Plantae
Clase	Magnoliophyta
Orden	Liliopsia
Familia	Zingiberales
Género	Zingiber
Especie	Officinale
Nombre científico	Z. Officinale
Nombre común	Z. jengibre

Fuente: Niveló (2015)

c) **Composición química.** El Ministerio de Producción y Trabajo (2017) indica que la composición química cambia según el tipo y la calidad del jengibre. Por lo tanto, se determina como término medio lo siguiente:

Tabla 3

Composición del jengibre (Z. officinale)

Componente	Porcentaje
Agua	10%
Sustancias nitrogenadas	7.5%
Lípidos	3.5%
Esencia	2%
Almidón	54%
Celulosa	4.5%
Sustancias extractivas no nitrogenadas	13%

2.2.2 Pituca

a) **Características generales.** Es un vegetal que pertenece a la familia de las Aráceas, procedente de Asia. Es una suculenta puede alcanzar de 1 a 3 m de altura. Asimismo, existen dos géneros agrupados, pero con diferencias existentes: *C. esculenta* y *X. spp.* Las salen enrolladas de entre los pecíolos de y las hojas que ya han sido formadas (García, 2023).

Tantarico (2021) menciona que la pituca en el Perú no cuenta con un aprovechamiento industrial, también señala que la amilosa de la pituca contiene propiedades de resistencia y elasticidad estable sin embargo pese a sus propiedades no se encuentran registros de que hayan empleado el almidón de pituca para fabricar plásticos biodegradables.

Figura 2*Pituca "Colocasia. Esculenta"*

Nota. El gráfico representa al tubérculo de la pituca “*C. Esculenta*”. Tomado de (Info región, 2024).

b) Origen. La pituca es una raíz procedente de Asia, poco a poco fue incluida al trópico de todo el mundo. Vulgarmente es conocida como pituca sin embargo esta especie es *C. esculenta*. En otras partes del mundo es conocida por diferentes nombres: eddoe, dasheen, tannia, malanga, etc. Se menciona que la pituca fue un importante alimento en el África Occidental y cuando los esclavos africanos fueron traídos al continente Americano trajeron consigo la planta (Obando & Vega, 2019).

c) Clasificación taxonómica. Morales (2012), clasifica taxonómicamente a la pituca de la siguiente manera:

Tabla 4*Clasificación taxonómica*

Reino	Plantae
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Liliopsia</i>
Orden	<i>Alismatales</i>
Género	<i>Colocasia</i>
Especie	<i>C. esculenta</i>
Nombre científico	<i>C. esculenta</i>
Nombre común	<i>Pituca</i>

d) Almidón en la pituca. La pituca contiene un almidón del 80 %, el que es necesario para la producción de distintos productos llegando a sustituir al maíz, ñame, yuca y papa en la industria alimentaria. El almidón se encuentra constituido por lípidos, proteínas,

minerales, agua, amilosa y amilopectina y piroglicanos que forman estructuras cristalinas (Aybar, 2021).

Tabla 5

Composición de la Pituca (C. esculenta)

Composición	Nutriente por 100 g. de peso seco		
	Crudo	Hervido	Al horno
Calorías	98	120	168
Carbohidratos (g)	28.7	29	40
Proteínas (g)	1.9	1	1.7
Agua(g)	-	69.1	55.8
Grasas (g)	0.2	0.1	0.2
Fibra (g)	0.8	-	0.7
Calcio (mg)	28	24	31.4
Hierro (mg)	1	0.9	1.0
Fósforo (mg)	61	25	58
Ácido ascórbico (mg)	4	Indicios	Indicios
Niacina (mg)	1.1	0.6	1.1
Riboflavina (mg)	0.040	0.024	0.027
Tiamina (mg)	0.130	0.096	0.105

2.2.3 Yuca

a) **Origen.** La yuca proviene del continente americano, la cual se produce en gran medida, llegándose a estimar un total de 270 millones de ton/año, ya que es una de las principales fuentes de alimentación para las personas, llegando a ser una opción viable en

reemplazo de los diversos cereales, debido a que la yuca consigue sustituir al maíz, trigo en la alimentación (Chele, 2023).

Paredes (2020), menciona que la yuca es un tubérculo rico en almidón, convirtiéndose en una materia prima disponible para el proceso de elaboración de bioplásticos, asimismo hace referencia a que un vaso producido con este almidón puede almacenar líquidos con una temperatura de 70 – 80 °C sin alterar su estructura llegando a ser resistente como un vaso habitual.

Figura 3

Yuca "Manihot. Esculenta"



Nota. El gráfico representa al tubérculo de la yuca “*M. Esculenta*”.

Tomado de (Vasquez, 2022).

b) Tipos de yuca o tapioca. Existen dos tipos de yuca y ambas son utilizadas de manera similar (Bermúdez , 2022):

- Yuca dulce: Es menos tóxica que la yuca amarga debido a que contiene una menor cantidad de cianuro, llegando a poseer tres tiene niveles más bajos de este compuesto.
- Yuca amarga: Es semejante a la yuca dulce tanta en su forma de cultivo y el aspecto, pero genera una cantidad superior de cianuro, llegando alcanzar hasta las 490 partes de cianuro por millón.

c) **Taxonomía de la yuca**

Tabla 6

Clasificación taxonómica

Reino	Vegetal
División	<i>Spermatophyta</i>
Subdivisión	<i>Angiospermas</i>
Clase	<i>Dicotyledonae</i>
Orden	<i>Euphorbiales</i>
Género	<i>Manihot</i>
Especie	<i>M. esculenta</i>
Nombre científico	<i>M. esculenta crantz</i>
Nombre común	<i>Yuca</i>

Tabla 7

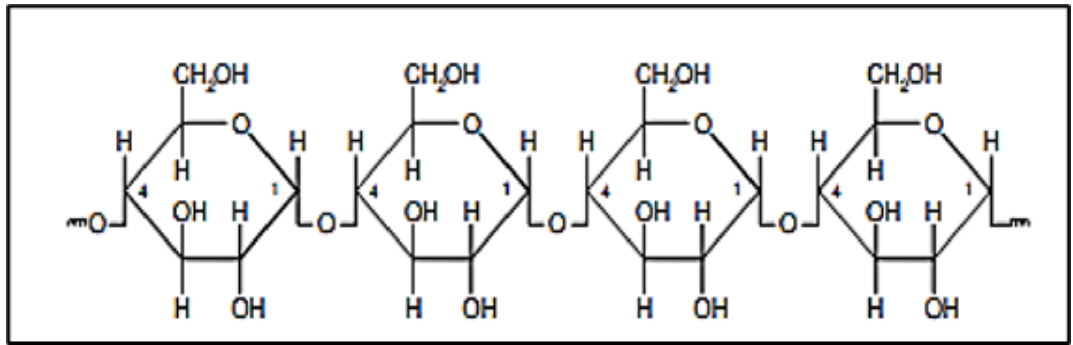
Análisis proximal de almidón de yuca

Variable	Porcentaje
Humedad	16.42%
Proteína	1.63%
Grasa	0.11%
Ceniza	1.75%
almidón	77.35%
Fibra	2.74%
Amilosa	18%
Amilopectina	82%

2.2.4 Almidón. Es un producto natural, conocido como un polisacárido abundante y renovable, el cual se encuentra en las plantas, tiene una estructura cristalina formada por polímeros de amilosa y amilopectina, la amilopectina retiene ramificaciones mostrando una formación estructural similar a un árbol (Ruiz, 2006).

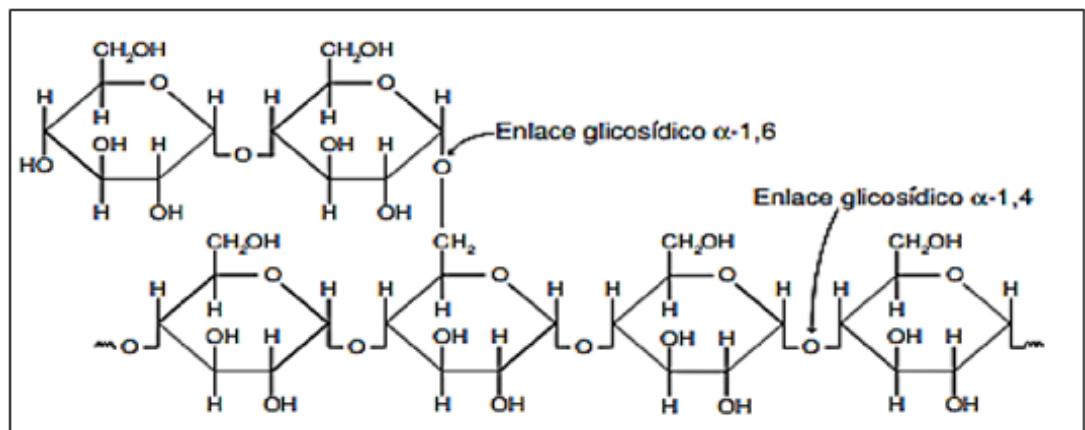
2.2.4.1 Estructura del almidón.

- **Amilosa.** Es una cadena lineal de monómeros a partir de unidades de glucosa, sin embargo, con diversos experimentos han llegado a encontrar cadenas de amilosa con pequeñas ramificaciones, sin embargo, no afectan ni influyen desfavorablemente en sus propiedades, sus ramificaciones se encuentran en una proporción de 0.3 - 0.5 % del total de los enlaces (Ruiz, 2006).

Figura 4*Estructura química de la amilasa*

Nota. El gráfico representa la estructura lineal de la amilasa. Tomado de (Amilosa, 2021).

- Amilopectina.** Hay dos tipos de enlaces en la amilopectina: α 1-4, que forman asociaciones entre moléculas de glucosa y enlaces a α 1-6 que forman ramificaciones, formadas por los residuos de las cadenas α -D-glucopiranosas, en la amilopectina estas ramificaciones ocurren cada 20 o 30 unidades de glucosa, y aunque aún no se han definido el patrón de la formación estructural monomérica, algunos estudios lo denominan como estructura fractal, alrededor de una estructura central (Ruiz, 2006).

Figura 5*Estructura química de la amilopectina*

Nota. El gráfico representa la estructura química de la amilopectina. Tomado de (Antón, 2019).

2.2.5 Bioplástico

Son aquellos plásticos que se descomponen por microorganismos como bacterias, hongos y algas; derivados de materiales orgánicos ya que son elaborados a partir de fuentes naturales. El almidón es una de las materias primas primordiales consideradas para este fin, debido a su alta disponibilidad, bajo costo, renovable, biodegradable y económicamente competitivo (Chariguamán, 2015).

Estos bioplásticos pueden ser:

- Materias primas de origen renovable y ser biodegradables
- Materias primas de origen renovable y no biodegradables
- Materias primas de origen petroquímico y biodegradables.

2.2.6 Plastificante

Es un elemento líquido con una viscosidad superior que el agua que se incrementa a la mezcla para acrecentar la flexibilidad del material al reducir la tensión intermolecular. Incluso después del secado, las películas que se desintegran por vía oral tienen un contenido de humedad relativamente alto, que actúa como plastificante. Los plastificantes comúnmente utilizados son polioles, especialmente glicerol o glicerina (Del Valle, 2021).

2.2.7 Ácido Acético

Es un líquido incoloro con un olor característico (vinagre), se utiliza como químico intermedio en la producción de monómero de acetato de vinilo, así también, para combatir diversos tipos de levaduras y bacterias, y en menor medida hongos. Además, se considera estabilizador, extensor y se recomienda como modificador químico (INSST, 2018).

2.2.8 Glicerina

La glicerina o glicerol es un producto el cual se llega a formar por hidrólisis de grasas y aceites mixtos, se produce a partir de grasas vegetales, animales o químicas (Sanz, 2023).

2.2.9 Agua Destilada

El agua destilada es una forma de agua purificada a través de un proceso llamado destilación, que tiene como objetivo eliminar todas las impurezas, iones y contaminantes del agua original (Plaza, 2024).

2.2.10 Biodegradabilidad

Es la capacidad que tienen las sustancias y los materiales orgánicos de degradarse en sustancias más simples mediante la actividad de diversos microorganismos (MATER-BI, 2015).

2.2.11 UNE 13433:2001 Envases y embalajes. Requisitos de los envases y embalajes valorizables mediante compostaje y biodegradación

Calcula el nivel de la degradación, la cual se expone mediante la fragmentación física del material en fragmentos de menor tamaño y pérdida de visibilidad del residuo (ausencia de contaminación visual) antes de 90 días, con un tamaño inferior a 2 x 2 mm y que alcance el 90% de pérdida de la masa inicial (UNE, 2023).

2.2.12 Resistencia de Tracción del Plástico

Es la cantidad de fuerza que se puede aplicar a un plástico antes de que se rompa (INSTRON, 2023).

2.2.13 Elongación de Plástico

Es el porcentaje al que se puede llegar, sin una deformación persistente en la muestra (PLSC, 2023).

2.2.14 Norma ASTM D882-18 Método de Prueba Estándar para las Propiedades de Tracción de Láminas de Plástico Delgadas.

Las propiedades de tracción pueden cambiar de acuerdo al grosor de la muestra, el método de preparación, la velocidad de la prueba, el tipo de agarres utilizados y la forma de medir la extensión. Para diversos componentes, puede haber una especificación que requiera el uso de este método de prueba, pero con algunas modificaciones de procedimiento que tienen prioridad al adherirse a la especificación (Pryor, 2023).

2.2.15 Ley de Plásticos N° 30884 Ley que Regula el Plástico de un Solo Uso y Los Recipientes o Envases Descartables.

Tiene como objetivo implantar un marco regulatorio sobre el plástico de un solo uso y otros plásticos no reutilizables. Cuenta con el fin de apoyar con el derecho que tiene toda persona a disfrutar de un ambiente equilibrado y apropiado al desarrollo de su vida, disminuyendo el impacto adverso de los plásticos, de la basura marina, fluvial y lacustre y de otros contaminantes similares, en la salud humana y del ambiente (El Peruano, 2018).

2.2.16 Residuos Sólidos

Incluyen todos los desechos de actividades animales y humanas que generalmente son sólidos y se eliminan como inútiles o redundantes. El término "residuos sólidos" es general e incluye tanto residuos heterogéneos de comunidades urbanas como acumulaciones más homogéneas de residuos agrícolas, industriales y minerales (Bustamante, 2014).

2.2.17 Residuos Biodegradables

Son desechos naturales o químicos que se descomponen fácilmente en el ambiente. En esta categoría se incluyen las frutas, verduras, otros productos alimenticios, madera y otros desechos que puedan ser convertidos en materia orgánica (Cerrato, 2023).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

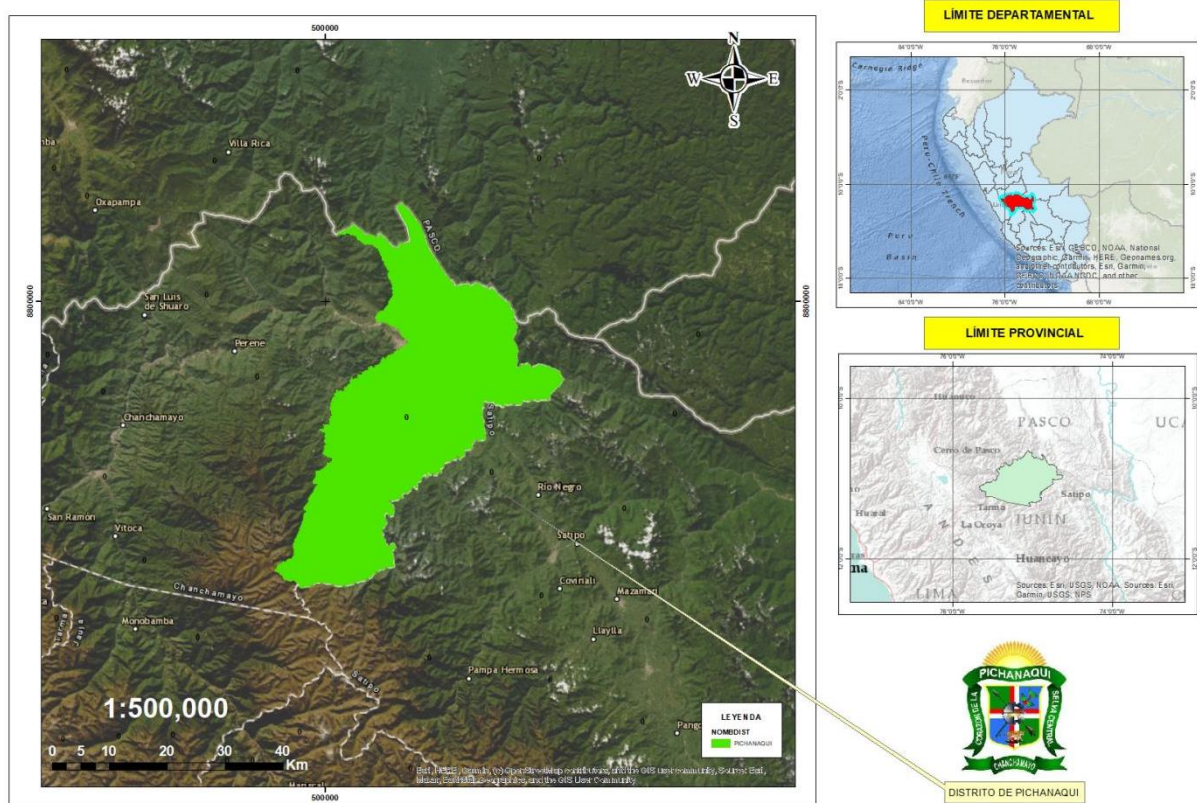
3.1 Ámbito

3.1.1 Ubicación Política

El distrito de Pichanaqui es uno de los seis que conforman la provincia de Chanchamayo ubicada en el departamento de Junín en el centro del Perú (Distrito.pe, 2023), la población del distrito de Pichanaqui es 68 551 habitantes (Mega, 2019).

Figura 6

Mapa de ubicación del distrito de Pichanaqui



3.1.2 Ubicación Geográfica

El distrito de Pichanaqui tiene una extensión territorial de 1 236 km², en grados decimales la altitud y longitud es -74.876804° y -10.924674° respectivamente, y en grados, minutos y segundos es S $10^{\circ} 55' 35''$ y O $74^{\circ} 52' 23''$, está a 531 msnm presentando un clima tropical seco según la clasificación Köppen) (Mega, 2019).

3.2 Tipo, Nivel y Diseño de Investigación

3.2.1 Tipo

Murillo (2008), detalla que el tipo de investigación aplicado “plantea resolver problemas, enmarcando una innovación técnica, artesanal e industrial como la científica” en

consecuencia el trabajo de investigación será de tipo aplicado, ya que se emplearan distintas concentraciones para obtener resultados referentes a la tracción, elongación y degradación de las tres formas de elaboración de bioplásticos

3.2.2 Nivel

El nivel de investigación fue del nivel explicativo debido a que contestó a las diversas interrogantes de la investigación, evidenciando las características, causas y propiedades de los hechos (Alfaro, 2023).

3.2.3 Diseño de Investigación

Hernández-Sampieri & Mendoza (2018), hace referencia que el diseño de investigación experimental “refiere al plan diseñada para obtener la información que se requiere buscando responde el planteamiento del problema”, por ello el diseño de investigación será experimental, ya que para obtener el plástico biodegradable idóneo se manipularán las variables realizando diferentes mezclas con lo que respecta a la concentración de los componentes principales (glicerina y ácido acético) y el almidón del jengibre (J), yuca (Y) y pituca (P). Así mismo, el diseño de investigación se desarrollará en base a un diseño factorial 3^3 , mostrado en la Tabla 9 y 10, el cual estudiará el efecto de la glicerina y el ácido acético de tres concentraciones respectivamente.

3.3 Población y Muestra

3.3.1 Población

La población fue constituida por toda la producción de jengibre, yuca y pituca que son producidas en el distrito de Pichanaqui, siendo el distrito una de las principales zonas de producción y exportación de la Selva Central (SENASA, 2017). Llegando a cultivar en el 2017 un total de 585 hectáreas de jengibre, 314 hectáreas de yuca y con respecto a la pituca no se cuenta con una cantidad de producción (Dirección Regional de Estadística Agraria de Junín, 2017).

3.3.2 Muestra

La cantidad tomada como muestra fue de 5 kg de cada uno de los productos para la elaboración de los bioplásticos.

3.3.3 Diseño Experimental

Se empleó el diseño experimental factorial 3^3 , que consta de 3 factores y tres niveles, de acuerdo con la interacción de las variables y niveles, se realizaron 27 tratamientos con 3 réplicas de cada interacción. La tabla 8 muestra los niveles: (-1) bajo, (0) medio y (1) alto.

Tabla 8*Niveles de los factores para los tratamientos*

Niveles	Almidón (g)	Ácido acético (ml)	Glicerina (ml)
1	Jengibre	3	5
2	Yuca	5	10
3	Pituca	7	15

Donde: (1): nivel bajo, (2) nivel medio y (3) nivel alto

En la Tabla 9 se observa todas las combinaciones posibles realizadas con los niveles (1, 2 y 3), obteniendo 27 tratamientos con 3 réplicas de cada interacción, obteniendo un total de 81 unidades experimentales.

Tabla 9*Diseño experimental factorial 3³*

N° Tratamiento	Variables independientes			Réplicas	Procedimientos
	Almidón (g)	Ácido acético (ml)	Glicerina (ml)		
T1	1	1	1	R1 R28 R55	
T2	1	1	2	R2 R29 R56	
T3	1	1	3	R3 R30 R57	
T4	1	2	1	R4 R31 R58	
T5	1	2	2	R5 R32 R59	
T6	1	2	3	R6 R33 R60	
T7	1	3	1	R7 R34 R61	
T8	1	3	2	R8 R35 R62	
T9	1	3	3	R9 R36 R63	
T10	2	1	1	R10 R37 R64	
T11	2	1	2	R11 R38 R65	Resistencia a la tracción máxima (Pa)
T12	2	1	3	R12 R39 R66	
T13	2	2	1	R13 R40 R67	
T14	2	2	2	R14 R41 R68	
T15	2	2	3	R15 R42 R69	Elongación máxima (mm)
T16	2	3	1	R16 R43 R70	
T17	2	3	2	R17 R44 R71	
T18	2	3	3	R18 R45 R72	

T19	3	1	1	R19	R46	R73	Evaluación de
T20	3	1	2	R20	R47	R74	biodegradabilida
T21	3	1	3	R21	R48	R75	d (%)
T22	3	2	1	R22	R49	R76	
T23	3	2	2	R23	R50	R77	
T24	3	2	3	R24	R51	R78	
T25	3	3	1	R25	R52	R79	
T26	3	3	2	R26	R53	R80	
T27	3	3	3	R27	R54	R81	

Donde: J: Jengibre, Y: Yuca, P: Pituca, R: Réplica, (1): Nivel bajo, (2) Nivel medio y (3) Nivel alto

Tabla 10

Factores y niveles

Descripción	Factor	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Parámetros fijos	Ácido acético (ml)	3	5	7
	Glicerina (ml)	5	10	15
Parámetros constantes	Almidón de yuca (g)			
	Almidón de pituca (g)		10	
	Almidón de jengibre (g)			
	Agua (ml)		60	
	Temperatura (°C)		150	

Fuente: Meza (2016)

3.4 Procedimientos, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.4.1 Procedimientos

3.4.1.1 Elaboración de Bioplásticos

a) Extracción de almidón

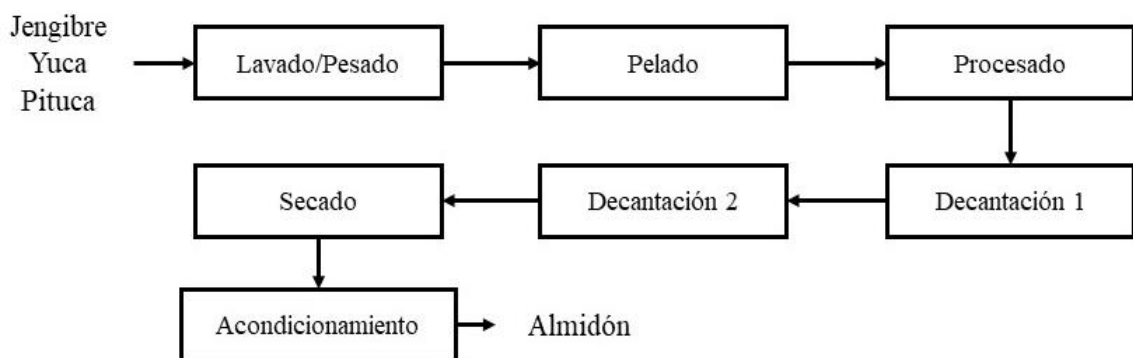
Para la extracción del almidón de la yuca, pituca y jengibre se tuvo como referencia el método de decantación realizado por Melian (2010) y Mallqui (2023):

- **Lavado y pesado:** Se lavó y pesó la materia prima, se eliminaron residuos adheridos y posteriormente se continuó con el pesado.
- **Pelado:** Se extrajo la cáscara de forma manual contando con la ayuda de una herramienta filosa

- **Procesado:** En una licuadora se procedió a licuar con agua toda la materia prima
- **Decantación N° 1:** Se dejó decantar por 60 minutos y se pasado ese tiempo se procedió a descartar el líquido sobrenadante quedando sólo el almidón sedimentado.
- **Decantación N° 2:** Se añadió agua destilada para obtener todo el almidón eficiente y se volvió a decantar por 60 minutos, luego se retiró el líquido sobrenadante obteniendo el almidón.
- **Secado:** Se empleó una estufa a 40° C por 24 horas.
- **Acondicionamiento:** El almidón seco se hizo pasar por un tamiz luego se pesó y almaceno en bolsas plásticas.

Figura 7

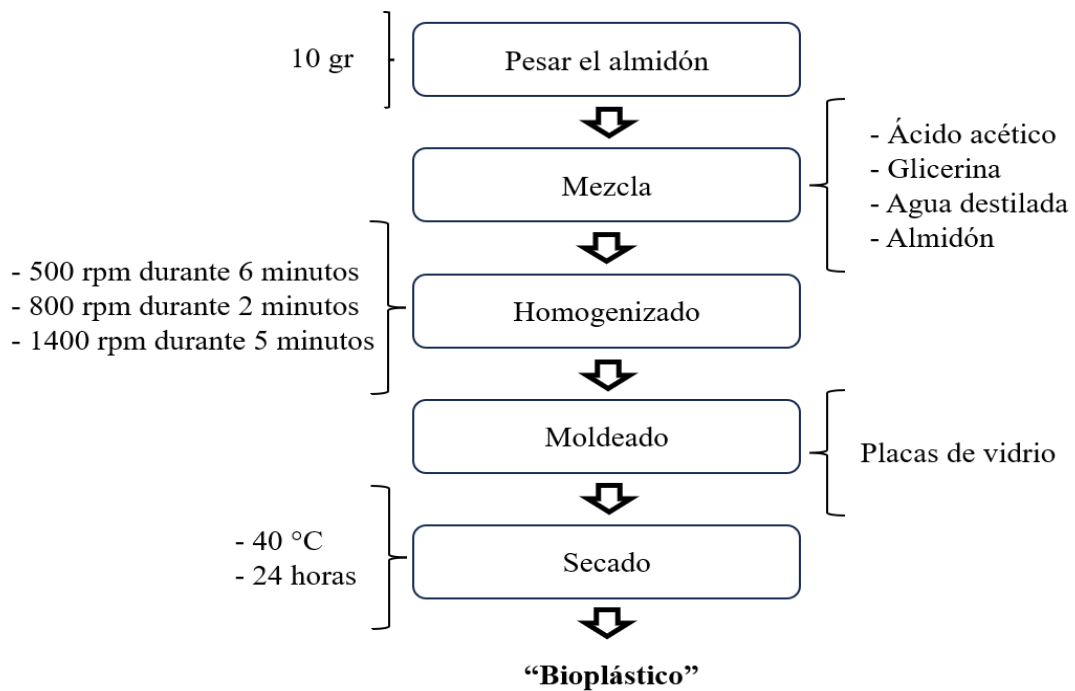
Proceso de obtención del almidón



b) Obtención del bioplástico

Para la obtención de bioplásticos se empleó la metodología propuesta por Meza (2016) y Meza et al., (2019):

- **Pesado:** Se pesó las cantidades exactas de glicerina, ácido acético, almidón y agua destilada.
- **Mezcla:** En vaso de precipitación se mezcló el almidón, agua destilada, glicerina y ácido acético hasta que se obtuvo una mezcla homogénea.
- **Homogenizado:** Posterior a ello se colocó el vaso de precipitación sobre el agitador magnético a 500 RPM durante 6 minutos, luego se incrementó a 800 RPM por 2 minutos y se concluyó con 1400 RPM hasta que la muestra presente una consistencia viscosa,
- **Moldeado:** Se emplearon bandejas engrasadas e inmediatamente se colocó la mezcla del bioplástico, la mezcla se esparció hasta obtener una capa uniforme, por último, se pasó al secado a 40°C durante 24 horas.

Figura 8*Proceso de elaboración del bioplástico*

3.4.1.2 Cálculo de la Fuerza de Tracción Máxima

Se realizaron los análisis de laboratorio para evaluar los ensayos de las propiedades físico-mecánicas (tracción de bioplásticos) con el objeto de determinar el bioplástico más resistente, con ello se determinó el porcentaje de glicerina y ácido acético idóneo, así mismo se especificó como estos influyen en cada muestra y la resistencia que poseen cada una de ellas.

Por tanto, la resistencia a la tracción máxima (RTM) se determinó con un prototipo de equipo acondicionado en laboratorio, tomando como referencia la norma (ASTM D882-18, 2018). Se recortaron cintas rectangulares de (20 x 100 mm) por triplicado de cada tipo de bioplástico. La separación inicial de las mordazas fue de 30 mm posteriormente se sometió a tracción hasta su punto de rotura. La RTM se calcularon mediante la siguiente ecuación:

$$RTM \text{ (Pa)} = \frac{F_{max}}{A} \quad (1)$$

Donde:

RTM = Resistencia a la tracción máxima

F_{max} = Fuerza máxima en la ruptura del bioplástico (N)

A = Área de la sección transversal (m^2)

3.4.1.3 Cálculo del Porcentaje de Elongación Máxima

Se realizaron los análisis de laboratorio para evaluar los ensayos de las propiedades físico-mecánicas (elongación de bioplásticos) con el objeto de determinar el porcentaje de alargamiento antes de la ruptura, precisando la cantidad de glicerina y ácido acético adecuado.

Por tal razón, la elongación máxima (EM) se determinó con un prototipo de equipo acondicionado en laboratorio, teniendo como referencia la norma (ASTM D882-18, 2018). Se recortaron cintas rectangulares de (20 x 100 mm) por triplicado de cada tipo de bioplástico. La separación inicial de las mordazas fue de 50 mm posteriormente se sometió al alargamiento del bioplástico hasta su punto de rotura. La EM se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$EM (\%) = \frac{E}{L} \times 100 \quad (2)$$

Donde:

EM = Elongación máxima

E = Alargamiento del bioplástico al momento de la ruptura (mm)

L = Es la medida inicial entre las mordazas (50 mm)

3.4.1.4 Determinación del Porcentaje de Biodegradabilidad de los bioplásticos

En este proceso se tomó como referencia a la Norma UNE-EN 13432:2001, que determina la biodegradabilidad mediante la desintegración física del material plástico en fragmentos inferiores a 2 x 2 mm y la pérdida de la visibilidad del residuo (ausencia de contaminación visual) antes de los 90 días de compostaje, y alcanza el 90 % de pérdida de masa antes de los 180 días. Se empleó compost con un porcentaje de humedad entre los 20 - 50% y un pH de 5 - 9. Las muestras fueron recortadas en cuadrados de 20 x 20 mm.

Cada muestra fue pesada individualmente en intervalos de tiempo determinados con la finalidad de determinar la pérdida de masa durante su degradación, también se inspeccionó visiblemente buscando verificar su desintegración, Con el fin de conseguir el 90% de degradabilidad, se trabajó con los bioplásticos obtenidos en un tiempo de 90 días fijando los intervalos de tiempo de 0, 10, 20, 30 a 90 días.

a) Pérdida de masa: Método gravimétrico

Este método se aplicó para verificar que los bioplásticos se degradaran por el compostaje en periodos cortos según la Norma.

Se determinó el porcentaje de masa según la masa inicial y la masa en cada medición restante, según la Ecuación 1, que representa gráficamente la pérdida de masa según el tiempo.

$$\text{Pérdida de masa \%} = \frac{\text{Masa inicial} - \text{masa restante}}{\text{masa inicial}} \times 100 \quad (3)$$

3.5 Análisis de Datos

Se empleó un diseño experimental de 3^3 con tres factores y tres niveles (Tabla 8). Se utilizaron los softwares estadísticos Jamovi, Minitab y Desing Expert, se realizó la prueba de normalidad, se obtuvo el ANOVA de los resultados. Así mismo se utilizó el programa Microsoft Excel para el procesamiento de los resultados originales recopilados durante la investigación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Presentación de Resultados y Discusiones

4.1.1 Glicerina y Ácido Acético Óptimos para Tracción del Bioplástico

En la tabla 11 se puede observar que el tratamiento T1 logró alcanzar hasta 1500 Pa con una desviación estándar de 46.78 Pa, con ello se puede diferir que los datos hallados de las tres réplicas cuentan con una variabilidad alta, debido a que esta combinación dio el valor más alto de tracción se sugiere que la combinación del tratamiento T1 puede ser el más óptimo para maximizar la resistencia mecánica. Por otro lado, el tratamiento T26 alcanzó los niveles más bajos siendo 516.48 Pa y una desviación estándar de 12.34 Pa, lo que indica que esta combinación no es adecuada para aplicaciones que requieren alta resistencia mecánica.

Tabla 11

Resultados de tracción utilizando los almidones de jengibre, yuca y pituca

Nº Tratamiento	Tracción (Pa)				
	$\bar{X} \pm S$		$\bar{X} \pm S$		$\bar{X} \pm S$
T1	1500.41 ± 46.78	T10	848.28 ± 4.90	T19	954.51 ± 11.32
T2	1072.19 ± 95.87	T11	872.79 ± 40.14	T20	957.78 ± 14.98
T3	645.61 ± 79.42	T12	918.56 ± 27.01	T21	993.78 ± 12.34
T4	862.99 ± 154.12	T13	807.47 ± 27.88	T22	862.99 ± 17.68
T5	944.71 ± 12.34	T14	939.80 ± 14.98	T23	853.18 ± 19.61
T6	544.27 ± 8.49	T15	872.79 ± 34.32	T24	854.81 ± 19.81
T7	660.32 ± 41.12	T16	841.74 ± 37.45	T25	523.02 ± 14.98
T8	1495.51 ± 24.52	T17	849.91 ± 7.49	T26	516.48 ± 12.34
T9	588.40 ± 86.19	T18	882.60 ± 4.90	T27	612.92 ± 9.81

En el bioplástico a base de jengibre, se observa que los valores de tracción disminuyen conforme se aumenta la cantidad de glicerina, siendo las mayores resistencias obtenidas con el tratamiento T1 con su combinación de 3 ml de ácido acético y 5 ml de glicerina. Este comportamiento puede explicarse porque la glicerina, al ser un plastificante, aumenta la flexibilidad del bioplástico, reduciendo su capacidad para resistir fuerzas de tracción. La reducción en la tracción con cantidades más altas de glicerina sugiere que este biopolímero se vuelve más flexible, pero menos resistente.

Figura 9.*Bioplásticos recortados para la prueba de tracción*

Comparando estos resultados con los obtenidos por Machaca (2022), quien reportó un valor de tracción de 2.82 MPa usando 7 ml de ácido acético y 5 ml de glicerina en bioplásticos de semilla de palta, se observa que el bioplástico de jengibre alcanzó un valor máximo de tracción de 1.54 MPa, con 3 ml de ácido acético y 5 ml de glicerina. Aunque el valor es inferior, las tendencias observadas son consistentes: a medida que aumenta la glicerina, la resistencia a la tracción disminuye. Esto sugiere que el comportamiento de los bioplásticos frente a la tracción es similar en distintos tipos de materia prima.

La glicerina actúa como un plastificante, reduciendo la rigidez del polímero al aumentar su capacidad de deformarse bajo tensión. La disminución de la tracción con mayores cantidades de glicerina se explica porque esta sustancia facilita el deslizamiento de las cadenas poliméricas, resultando en una menor cohesión entre las moléculas del bioplástico y, por tanto, una menor resistencia a la tracción.

4.1.2 Análisis de Relación de Variables para la Tracción

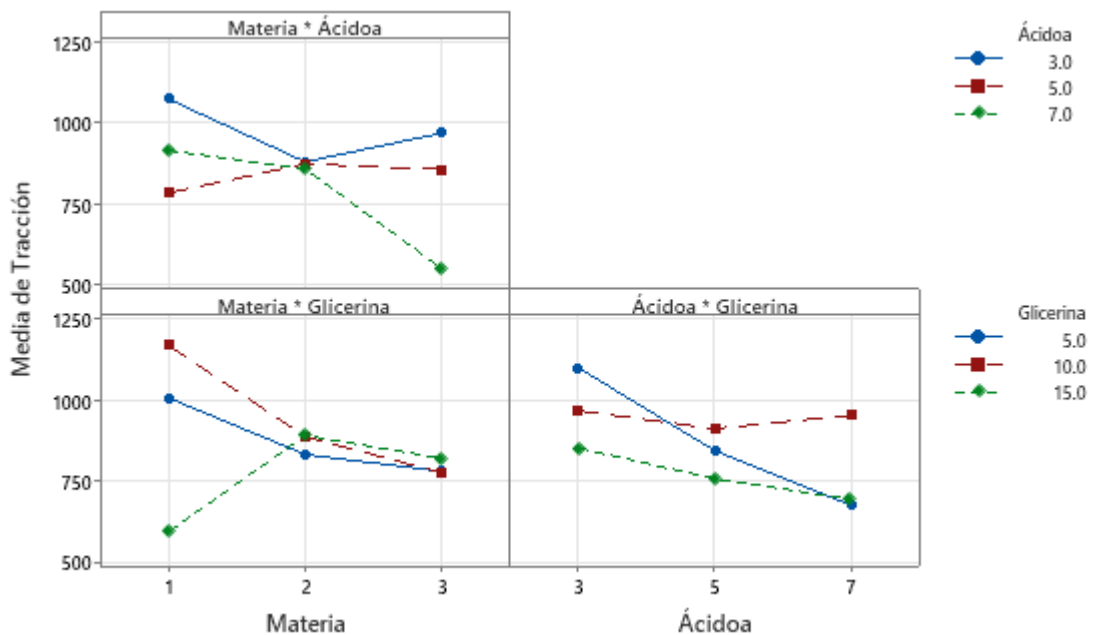
El análisis de varianza indica que la glicerina es altamente significativa ($F = 96.7$, $p < .001$), indicando que las diferentes concentraciones de glicerina tienen un impacto considerable en la resistencia a la tracción de los bioplásticos, el ácido acético también es altamente significativo ($F = 126.9$, $p < .001$), lo que indica que la variación en la concentración de ácido acético afecta significativamente la resistencia a la tracción, la materia prima utilizada tiene un efecto significativo en la resistencia a la tracción ($F = 53.7$, $p < .001$). Esto sugiere que el tipo de biomasa base influye en la forma en que los bioplásticos responden a las concentraciones de glicerina y ácido acético.

La interacción entre la glicerina y el ácido acético es significativa ($F = 45.1$, $p < .001$), lo que indica que el efecto de la glicerina sobre la tracción depende de la concentración de ácido acético y viceversa, la interacción entre la glicerina y la materia prima es altamente significativa

($F = 136.6$, $p < .001$), lo que implica que el impacto de la glicerina en la resistencia a la tracción varía según la materia prima utilizada, de manera similar, la interacción entre el ácido acético y la materia prima es significativa ($F = 75.1$, $p < .001$). Esto sugiere que la efectividad del ácido acético en mejorar la tracción también depende del tipo de biomasa base, la interacción de tres vías entre glicerina, ácido acético y materia prima es significativa ($F = 52.2$, $p < .001$). Este resultado indica que la combinación de estas tres variables influye conjuntamente en la resistencia a la tracción de manera compleja.

Figura 10.

Interacciones entre la materia, ácido acético y glicerina para la tracción



En resumen, el análisis ANOVA revela que tanto las concentraciones de glicerina y ácido acético como el tipo de materia prima afectan significativamente la resistencia a la tracción de los bioplásticos. Además, las interacciones entre estos factores sugieren que la formulación óptima para cada tipo de bioplástico debe considerar cuidadosamente la combinación específica de estos elementos.

Tabla 12.

Análisis ANOVA para la tracción

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Glicerina	425895	2	212947	96.7	<.001
Ácidoa	559189	2	279594	126.9	<.001
Materia	236811	2	118406	53.7	<.001

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Glicerina * ácida	397741	4	99435	45.1	< .001
Glicerina * materia	1.20e+6	4	300902	136.6	< .001
Ácida * materia	661896	4	165474	75.1	< .001
Glicerina * ácida * materia	920175	8	115022	52.2	< .001
Residuos	118963	54	2203		

Los resultados del ANOVA para el parámetro de tracción revelan una interacción significativa entre las variables de glicerina, ácido acético y materia prima. Las sumas de cuadrados y los valores de F indican que cada una de estas variables y sus interacciones tienen un impacto notable en la resistencia a la tracción del bioplástico. En particular, la interacción entre glicerina y ácido acético (glicerina * ácido) mostró un valor de F elevado (45.1), sugiriendo que la combinación de estos dos plastificantes es crucial para maximizar la resistencia del material. La suma de cuadrados para la interacción de glicerina, ácido acético y materia prima (glicerina * ácido * materia) también respalda la idea de que estas variables no actúan de manera aislada, sino que su interacción conjunta es fundamental para el desarrollo de un bioplástico con propiedades mecánicas optimizadas.

Los hallazgos de esta investigación son consistentes con los reportados por Zamora & Riera (2020), quienes observaron que la combinación de almidón de maíz con glicerina y ácido acético era clave para mejorar la consistencia y elasticidad del bioplástico, lo que a su vez influía positivamente en su resistencia a la tracción. Machaca (2022) también destacó la combinación óptima de 7 ml de ácido acético y 5 ml de glicerina, logrando un rendimiento superior en términos de resistencia a la tracción, lo que respalda la significancia de las interacciones observadas en esta investigación. Además, los resultados de Cajahuaman & Huaranga (2020) corroboran que las concentraciones específicas de ácido acético y glicerina tienen un efecto notable en la resistencia tensil, lo que enfatiza la importancia de la formulación adecuada de los bioplásticos.

La relación entre las variables glicerina, ácido acético y materia prima en el contexto de la resistencia a la tracción se puede explicar por la influencia de estos aditivos en la estructura y propiedades mecánicas del bioplástico. La glicerina actúa como plastificante, reduciendo las interacciones intermoleculares y aumentando la flexibilidad del material, lo que permite que el bioplástico se deforme bajo tensión sin fracturarse. Por otro lado, el ácido acético modifica la consistencia de la matriz polimérica, mejorando su homogeneidad y estabilidad. La interacción entre estos componentes puede ser crucial para la formación de un material con propiedades

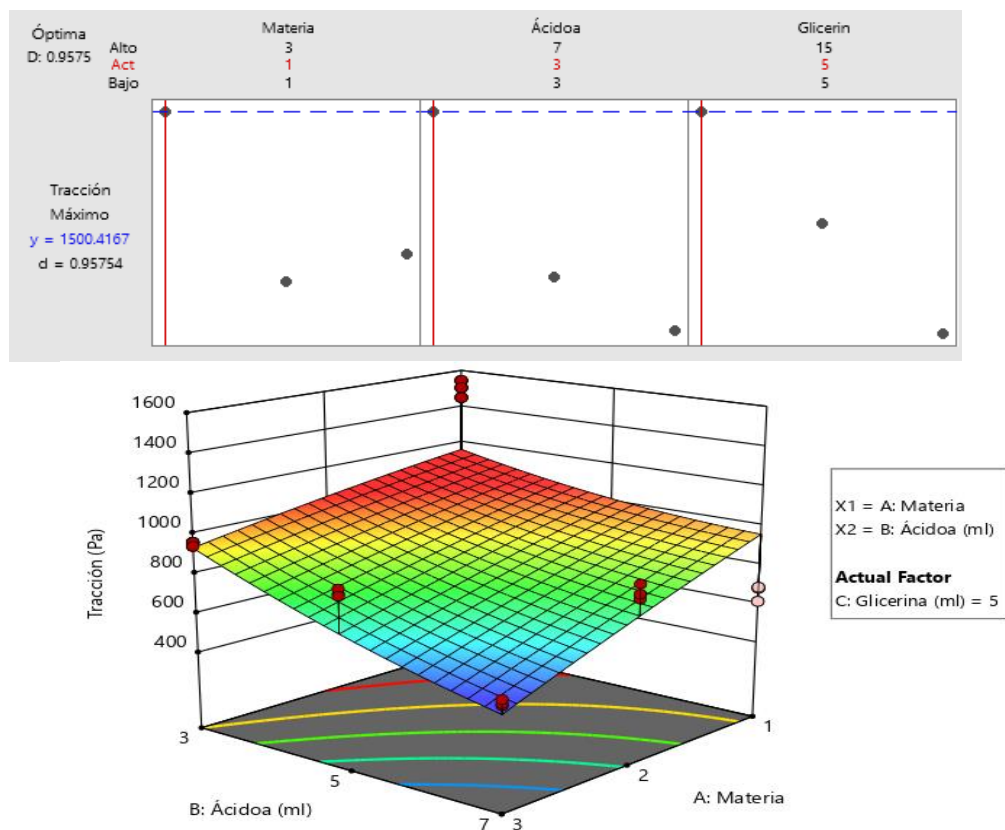
mecánicas superiores, resaltando la importancia de optimizar las concentraciones y proporciones de cada variable en el proceso de formulación del bioplástico.

4.1.3 Optimización para la Tracción

La optimización de los tratamientos se realizó teniendo en cuenta que se deseaba obtener un bioplástico con mayor tracción. Los resultados indicaron que las concentraciones óptimas son: T1 con la combinación 3ml de ácido acético y 5ml de glicerina, siendo empleada la materia del jengibre. La figura 11 indica la optimización de respuesta y el modelo de superficie de respuesta.

Figura 11.

Optimización de respuesta y modelo de superficie de respuesta para la tracción



Los resultados obtenidos se alinean con las observaciones realizadas en investigaciones previas. Por ejemplo, Montoya et al. (2022) informaron una resistencia a la tracción de 39.73 N en bandejas biodegradables elaboradas a partir de cáscara de plátano y almidón de maíz, indicando que la selección y combinación de materias primas y plastificantes son críticas para mejorar las propiedades mecánicas. Además, Machaca (2022) reportó una resistencia de 2.82 MPa al utilizar 7 ml de ácido acético y 5 ml de glicerina en un bioplástico de almidón de semilla de palta, sugiriendo que las proporciones adecuadas de estos aditivos pueden influir significativamente en la resistencia tensil. Estos estudios respaldan la importancia de la formulación precisa en el desarrollo de bioplásticos con propiedades mecánicas optimizadas.

Desde una perspectiva teórica, la optimización de la resistencia a la tracción en bioplásticos se puede atribuir a la sinergia entre la glicerina, como plastificante, y el ácido acético, que mejora la cohesión y la estructura del bioplástico. La glicerina reduce las interacciones intermoleculares, proporcionando flexibilidad y permitiendo que el material se adapte a la deformación sin fracturarse. Por otro lado, el ácido acético contribuye a una mejor homogeneidad y estabilidad de la matriz polimérica, lo que se traduce en un aumento en la resistencia a la tracción. La elección de jengibre como materia prima aporta propiedades adicionales debido a su perfil de almidón, que podría haber influido favorablemente en la calidad del bioplástico resultante. Así, la combinación de 5 ml de glicerina y 3 ml de ácido acético en el bioplástico de jengibre demuestra un equilibrio eficaz entre flexibilidad y resistencia, validando su elección como formulación óptima para maximizar la tracción.

4.1.4 Glicerina y Ácido Acético Óptimos para Elongación del Bioplástico

En la tabla 13 se puede observar que el tratamiento T8 logró alcanzar 7.67 mm con una desviación estándar de 0.58 mm, con ello se puede diferir que los datos hallados de las tres réplicas cuentan con una variabilidad baja, lo que sugiere que estas cantidades es la más óptima en términos de flexibilidad, haciendo que el bioplástico sea más adecuado para aplicaciones donde se requiere mayor elasticidad. Por otro lado, el aumento en la cantidad de glicerina, muestran una tendencia hacia una menor elongación, lo que podría hacer que el material sea menos adecuado para aplicaciones donde la flexibilidad es un factor crítico. Por otro lado, el tratamiento T19 y T24 alcanzaron los niveles más bajos de elongación.

Tabla 13.

Resultados de la elongación utilizando los almidones de jengibre, yuca y pituca

N° Tratamiento	Elongación (mm)				
	$\bar{X} \pm S$		$\bar{X} \pm S$		$\bar{X} \pm S$
T1	4 ± 1	T10	5 ± 1	T19	0 ± 0
T2	3 ± 1	T11	5.67 ± 0.58	T20	1.67 ± 1.15
T3	3.67 ± 1.53	T12	3 ± 1	T21	2.67 ± 0.58
T4	3 ± 2.65	T13	2.67 ± 0.58	T22	1.33 ± 0.58
T5	1.67 ± 1.15	T14	5 ± 1	T23	1.33 ± 0.58
T6	3.33 ± 1.53	T15	4.33 ± 0.58	T24	0.67 ± 0.58
T7	1 ± 1	T16	2.33 ± 0.58	T25	1 ± 1
T8	7.67 ± 0.58	T17	6.67 ± 0.58	T26	0.33 ± 0.58

T9	1.33 ±0.58	T18	4 ± 1	T27	2 ± 0
----	------------	-----	-------	-----	-------

Los resultados obtenidos para la elongación del bioplástico de jengibre muestran valores variados, con un rendimiento notablemente más bajo en concentraciones de ácido acético y glicerina más altas dando como resultado que el tratamiento T8 muestra la mejor elasticidad. Este comportamiento puede atribuirse a la interacción de estos plastificantes con el almidón del jengibre, afectando la movilidad molecular del material y, por ende, su capacidad para alargarse antes de romperse. La disminución en la elongación puede estar relacionada con la rigidez de la matriz del bioplástico, que se vuelve más sólida con el aumento de estos aditivos, reduciendo su flexibilidad.

Los valores de elongación encontrados son inferiores a los reportados por Niveló (2021), que encontró un valor de elongación superior al 22% en bioplásticos elaborados a partir de almidón de jengibre. Esto podría ser resultado de diferencias en los métodos de extracción o en las condiciones de formulación. Por otro lado, Machaca (2022) reportó una elongación de 12.89% utilizando una combinación diferente de ácido acético y glicerina, lo que sugiere que la elección de concentraciones y proporciones en la formulación es crítica para optimizar este parámetro.

El comportamiento de elongación en bioplásticos se puede explicar mediante el modelo de deformación plástica, donde la capacidad de un material para estirarse está influenciada por la distribución y movilidad de las cadenas poliméricas en la matriz. La adición de glicerina como plastificante disminuye la interacción entre las cadenas de polímeros, mejorando la elongación. Sin embargo, concentraciones demasiado altas de ácido acético pueden provocar la formación de enlaces cruzados que restrinjan esta movilidad, resultando en menores valores de elongación.

Figura 12

Elongación máxima en los tres bioplásticos



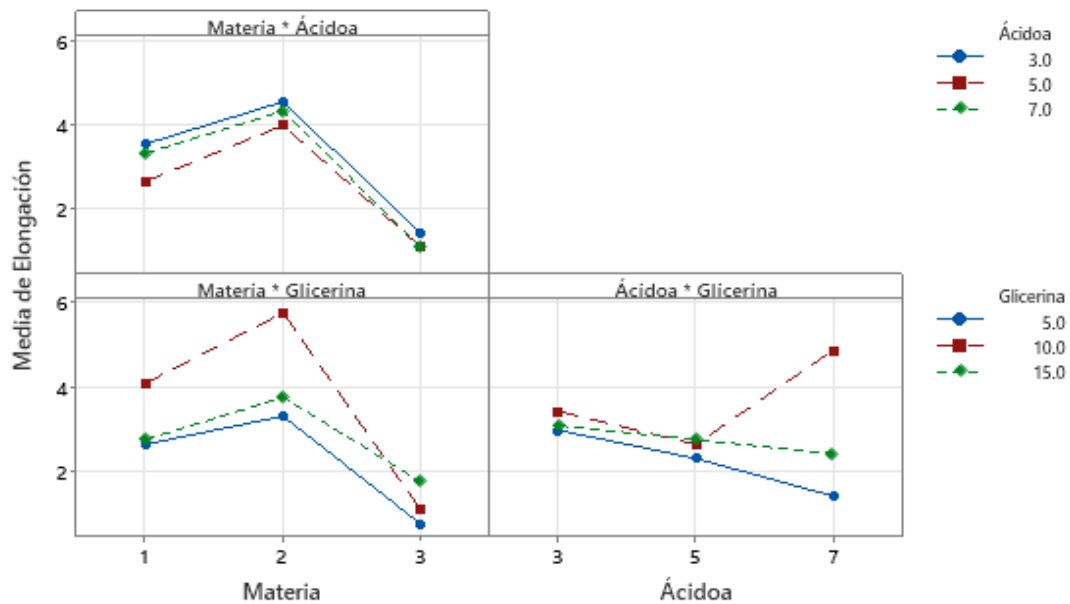
4.1.5 *Análisis de Relación de Variables para la Elongación*

El análisis de varianza indica que la concentración de glicerina es altamente significativa ($F = 14.025$, $p < .001$). Esto sugiere que las diferentes concentraciones de glicerina tienen un impacto considerable en la elongación de los bioplásticos, el efecto principal del ácido acético no es significativo ($F = 2.443$, $p = 0.096$). Esto indica que las diferentes concentraciones de ácido acético no afectan de manera significativa la elongación de los bioplásticos y el efecto de la materia prima utilizada es altamente significativo ($F = 67.076$, $p < .001$). Esto indica que el tipo de biomasa base tiene un impacto considerable en la elongación de los bioplásticos.

La interacción entre ácido acético y glicerina es significativa ($F = 7.968$, $p < .001$). Esto sugiere que el efecto de la glicerina sobre la elongación varía en función de la concentración de ácido acético y viceversa, la interacción entre ácido acético y materia prima no es significativa ($F = 0.297$, $p = 0.878$). Esto indica que el efecto del ácido acético sobre la elongación no depende significativamente del tipo de materia prima utilizada, la interacción entre glicerina y materia prima es significativa ($F = 4.987$, $p = 0.002$). Esto implica que la relación entre la glicerina y la elongación varía dependiendo del tipo de materia prima, por último, la interacción de tres vías entre ácido acético, glicerina y materia prima es altamente significativa ($F = 9.981$, $p < .001$). Esto indica que el efecto combinado de estas tres variables influye de manera compleja en la elongación.

Figura 13.

Interacciones entre la materia, ácido acético y glicerina para la elongación



El análisis ANOVA revela que la concentración de glicerina y el tipo de materia prima tienen efectos significativos en la elongación de los bioplásticos. Las interacciones significativas entre glicerina y ácido acético, así como entre glicerina y materia prima, sugieren que las formulaciones óptimas deben considerar cuidadosamente estas combinaciones para maximizar la elongación. En contraste, el ácido acético por sí solo y su interacción con la materia prima no muestran un impacto significativo, sugiriendo que su efecto en la elongación es menos crucial en este contexto.

Tabla 14

Análisis ANOVA para la elongación

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Ácidoa	4.77	2	2.383	2.443	0.096
Glicerina	27.36	2	13.679	14.025	<.001
Materia	130.84	2	65.420	67.076	<.001
Ácidoa * glicerina	31.09	4	7.772	7.968	<.001
Ácidoa * materia	1.16	4	0.290	0.297	0.878
Glicerina * materia	19.46	4	4.864	4.987	0.002
Ácidoa * glicerina * materia	77.88	8	9.735	9.981	<.001
Residuos	52.67	54	0.975		

Los resultados del análisis ANOVA indican que las variables glicerina y materia prima tienen un impacto significativo en la elongación del bioplástico, mientras que el ácido acético no muestra una influencia estadísticamente significativa. En particular, la glicerina presenta un valor de $p < 0.001$, lo que sugiere que su concentración es un factor determinante para la capacidad de elongación del bioplástico. La interacción entre glicerina y materia prima también resulta significativa ($p = 0.002$), indicando que la combinación de estos dos factores es crucial para maximizar la elongación. La suma de cuadrados correspondiente a la glicerina (27.36) y la materia (130.84) demuestra que estos componentes están directamente relacionados con la capacidad del bioplástico para estirarse sin romperse, lo que es fundamental para su aplicación en productos flexibles.

Estos hallazgos son consistentes con investigaciones anteriores. Machaca (2022) reportó que la combinación de 7 ml de ácido acético y 5 ml de glicerina resultó en una elongación del 12.89%, lo que refuerza la importancia de estos aditivos en la elasticidad del bioplástico. Aunque en su estudio se encontró que el ácido acético contribuye a la elongación, mi análisis indica que la glicerina tiene un efecto más notable. Por otro lado, Espinoza & Oscco (2021) observaron que una concentración de 3% de glicerina permitió una elongación máxima de 70.73 kg/cm², lo que resalta cómo la glicerina actúa como plastificante, mejorando la capacidad de elongación de los bioplásticos. Niveló (2021) también enfatiza la importancia de la glicerina en la elasticidad, aunque sin especificar el ácido acético, lo que sugiere que este componente puede no ser necesario para todas las formulaciones.

Desde un enfoque teórico, la elongación del bioplástico puede atribuirse a la capacidad de la glicerina para actuar como plastificante, lo que reduce la rigidez del material y permite que las cadenas poliméricas se deslicen unas sobre otras bajo tensión. Esto se traduce en una mayor capacidad de elongación. La interacción entre glicerina y materia prima también es relevante, ya que el tipo y la proporción de materia prima influyen en la estructura del bioplástico, afectando su comportamiento mecánico. Aunque el ácido acético no mostró un efecto significativo en este contexto, podría estar desempeñando un papel en la interacción de los componentes a nivel molecular, contribuyendo a la cohesión y, en consecuencia, a la resistencia general del material. En resumen, la glicerina se establece como el componente clave en la maximización de la elongación del bioplástico, destacando su papel crucial en el diseño de formulaciones efectivas para aplicaciones específicas.

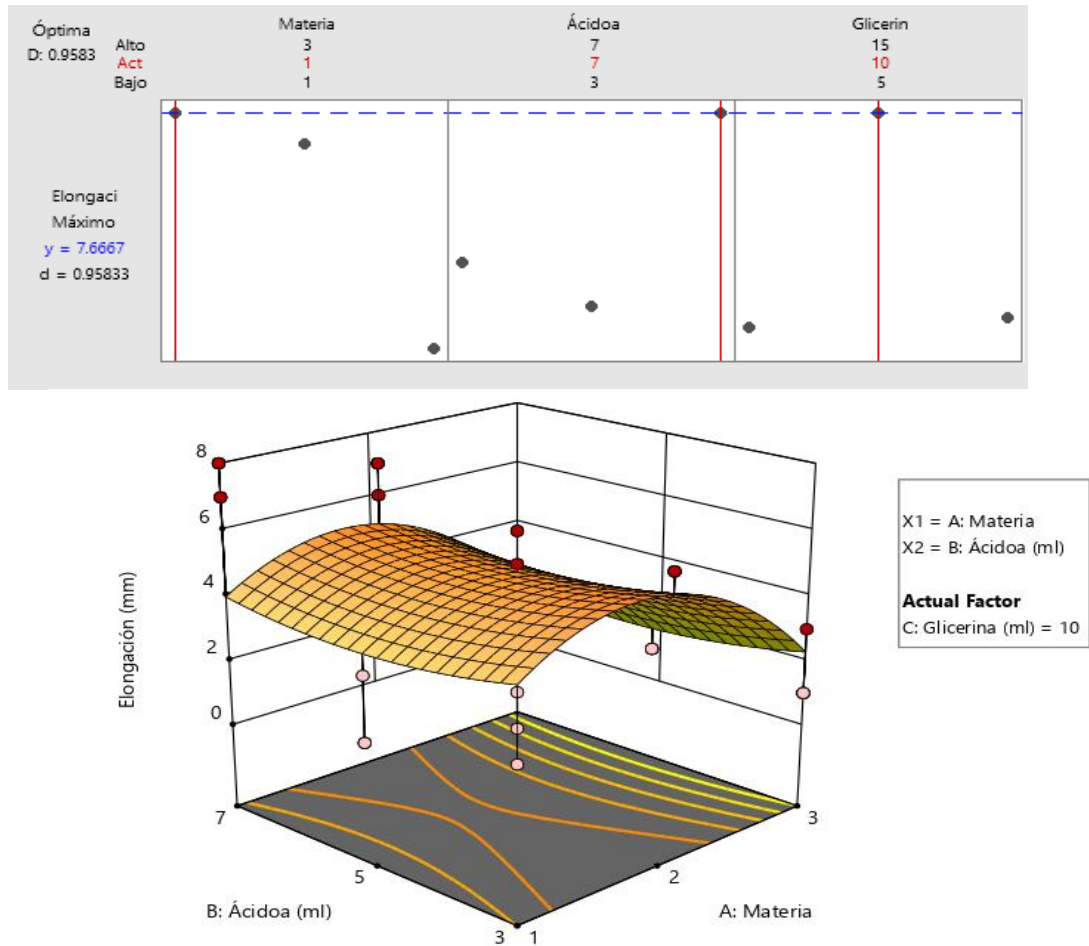
4.1.6 Optimización para la Elongación

La optimización de los tratamientos se realizó teniendo en cuenta que se deseaba obtener un bioplástico con mayor elongación. Los resultados indicaron que las concentraciones óptimas son: T8 con la combinación 7 ml de ácido acético y 10 ml de glicerina, siendo empleada la

materia del jengibre. La **figura 14** indica la optimización de respuesta y el modelo de superficie de respuesta.

Figura 14.

Optimización de respuesta y modelo de superficie de respuesta para la elongación



Estos hallazgos se alinean con la literatura existente. Niveló (2021) encontró que los bioplásticos a partir del almidón de jengibre lograron elongaciones superiores al 22%, lo que sugiere que el jengibre tiene un potencial significativo como materia prima para la fabricación de bioplásticos. Asimismo, Machaca (2022) reportó una elongación del 12.89% utilizando 7 ml de ácido acético y 5 ml de glicerina, lo que implica que las combinaciones de estos aditivos son esenciales para optimizar la elasticidad del bioplástico. Aunque su estudio no alcanzó los niveles de elongación que se observaron en mi investigación, destaca la importancia de las proporciones de glicerina y ácido acético. Por otro lado, Espinoza & Oscco (2021) documentaron una elongación de 70.73 kg/cm² con 3% de glicerina y 9% de melamina, lo que subraya cómo las concentraciones de plastificantes impactan significativamente en las propiedades mecánicas del bioplástico, aunque en este caso se utilizó un tipo diferente de materia prima.

Desde el punto de vista teórico, la maximización de la elongación en la combinación de jengibre con glicerina y ácido acético puede explicarse por el papel de la glicerina como plastificante, que reduce la rigidez y aumenta la flexibilidad del material. El ácido acético, por su parte, puede influir en la interacción entre las moléculas de la materia prima, mejorando la cohesión y, en consecuencia, las propiedades mecánicas del bioplástico. La elección de jengibre como materia prima podría estar relacionada con su estructura química, que favorece la formación de una red polimérica más efectiva y el comportamiento elástico del material. En resumen, la formulación óptima de jengibre con 7 ml de glicerina y 10 ml de ácido acético (P8) no solo maximiza la capacidad de elongación del bioplástico, sino que también se alinea con los principios fundamentales del diseño de materiales en función de sus propiedades mecánicas deseadas.

4.1.7 Glicerina y Ácido Acético Óptimos para Degradación del Bioplástico según UNE 13432-2001

Se evaluaron los bioplásticos fabricados a partir de jengibre, yuca y pituca, comparando sus tasas de degradación con los criterios establecidos por la norma UNE-EN 13432:2001. Los resultados sobre la biodegradabilidad de cada bioplástico, considerando sus concentraciones de glicerina y ácido acético, se contrastarán con el requisito de alcanzar al menos el 90% de biodegradación en un periodo de seis meses. Además, se verificó si cumplen con la desintegración mínima requerida, que exige que el 90% del material.

En la tabla 15, los resultados revelan que los bioplásticos del tratamiento T21, T24 y T16 mostraron una degradación acelerada, alcanzando el 100% de biodegradación en tan solo 20 días. De manera similar, el tratamiento T20, T27 y T11, lograron el 100% de degradación en el día 30, lo que las hace altamente compatibles con los criterios de compostabilidad establecidos por la norma. Por otro lado, el tratamiento T6 y T7 presentó una tasa más lenta de degradación, alcanzando solo el 95,17 y 92,24 % de biodegradación al día 80.

Los bioplásticos a base de yuca mostraron un comportamiento de degradación variado, siendo el tratamiento T21 ya que mostró una mayor rapidez en alcanzar el 100% de biodegradación, ya a los 20 días. Esto indica que, en concentraciones más altas de ácido acético, la yuca responde mejor, tal como lo reporta García (2022) en su estudio con empaques biodegradables de yuca, donde se observó una rápida pérdida de peso en los primeros días de biodegradación.

Figura 15.

Degradación de los bioplásticos



Comparando estos resultados con los antecedentes, García (2022) también encontró que los bioplásticos de yuca y maíz alcanzaron un peso mínimo de 0.32 g en menos de 60 días, lo cual refuerza la idea de que el almidón de yuca tiene una buena predisposición a la biodegradación rápida.

Desde el punto de vista teórico, la biodegradabilidad del almidón de yuca se debe a su alta concentración de enlaces de hidrógeno, que facilita la absorción de agua y su descomposición en medios húmedos. El uso de ácido acético y glicerina en este contexto también juega un papel crucial en la estructura y flexibilidad del bioplástico, lo que contribuye a la descomposición rápida observada.

4.1.8 Relación de Variables para la Degradación

El análisis ANOVA de medidas repetidas reveló un efecto significativo de la materia prima sobre la biodegradabilidad ($F(2, 54) = 115.53, p < .001$), lo que indica que el tipo de materia prima influye de manera notable en la pérdida de peso a lo largo del tiempo. Además, se encontró un efecto significativo del ácido acético ($F(2, 54) = 8.17, p < .001$), así como de la glicerina ($F(2, 54) = 4.74, p = 0.013$), lo que sugiere que ambos factores también afectan la biodegradabilidad de los bioplásticos.

No se observó una interacción significativa entre la materia prima y el ácido acético ($F(4, 54) = 2.22, p = 0.078$), lo que indica que la combinación de estos factores no genera un efecto conjunto relevante sobre la biodegradabilidad. Sin embargo, sí se halló una interacción significativa entre la materia prima y la glicerina ($F(4, 54) = 2.69, p = 0.041$), lo que sugiere que la influencia de la glicerina varía según el tipo de materia prima utilizada.

Por otro lado, la interacción entre el ácido acético y la glicerina no fue significativa ($F(4, 54) = 1.86, p = 0.131$), lo que indica que estos dos factores no tienen un efecto combinado significativo. Finalmente, la interacción triple entre la materia prima, el ácido acético y la glicerina fue significativa ($F(8, 54) = 7.22, p < .001$), lo que sugiere que la combinación de estos tres factores tiene un impacto complejo y notable sobre la biodegradabilidad.

Tabla 16

Análisis ANOVA de medidas repetidas para resultados de los Pesos de degradabilidad

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Materia	1.2829	2	0.64144	115.53	< .001
Acidoa	0.0907	2	0.04537	8.17	< .001
Glicerina	0.0527	2	0.02633	4.74	0.013
Materia * acidoa	0.0494	4	0.01235	2.22	0.078
Materia * glicerina	0.0597	4	0.01492	2.69	0.041
Acidoa * glicerina	0.0413	4	0.01031	1.86	0.131
Materia * acidoa * glicerina	0.3206	8	0.04008	7.22	< .001
Residual	0.2998	54	0.00555		

4.1.9 Optimización para la Degradación

La interpretación de los resultados de degradación de los bioplásticos elaborados con jengibre, yuca y pituca, en función de las concentraciones de ácido acético y glicerina, revela varios patrones significativos en el comportamiento de los materiales a lo largo del tiempo de la evaluación de biodegradabilidad, en este caso cada 10 días.

La optimización de los tratamientos se realizó teniendo en cuenta que se deseaba obtener un mayor porcentaje de degradación en una menor cantidad de días. Los resultados indicaron que las concentraciones óptimas son: T21 con la combinación 3 ml de ácido acético y 15 ml de glicerina, siendo empleada la materia de la pituca. La pérdida de peso en las pruebas con las concentraciones más altas es notable, evidenciando en la Figura 18 una tasa de degradación más elevada de 0.01200 g/día, indicando que la pituca es más susceptible a la degradación. La figura 19 y 20 indica la optimización de respuesta y el modelo de superficie de respuesta.

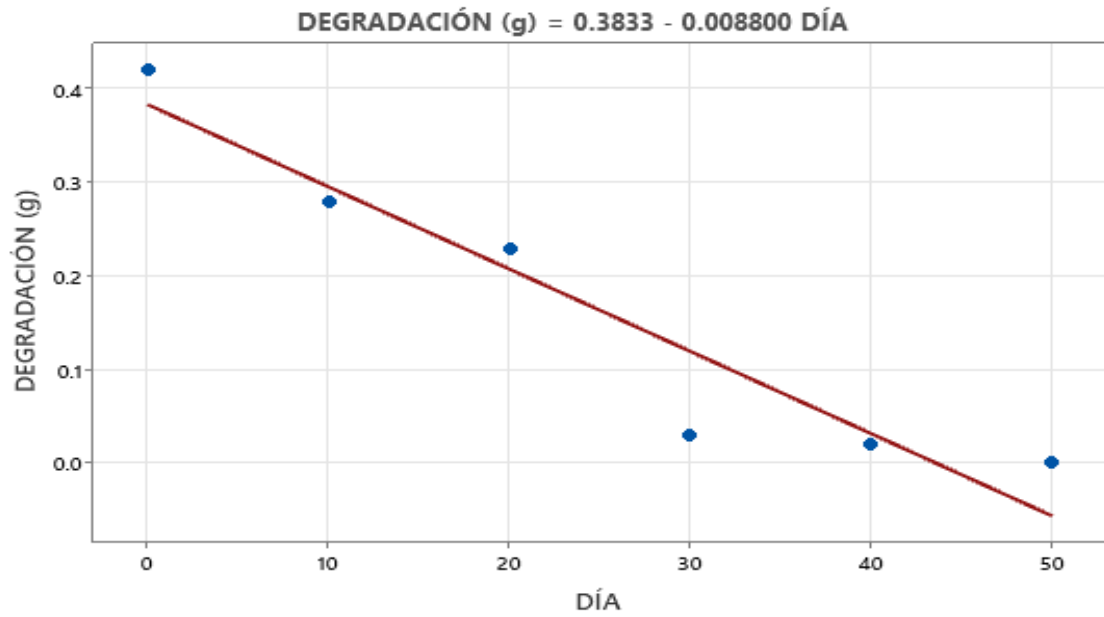
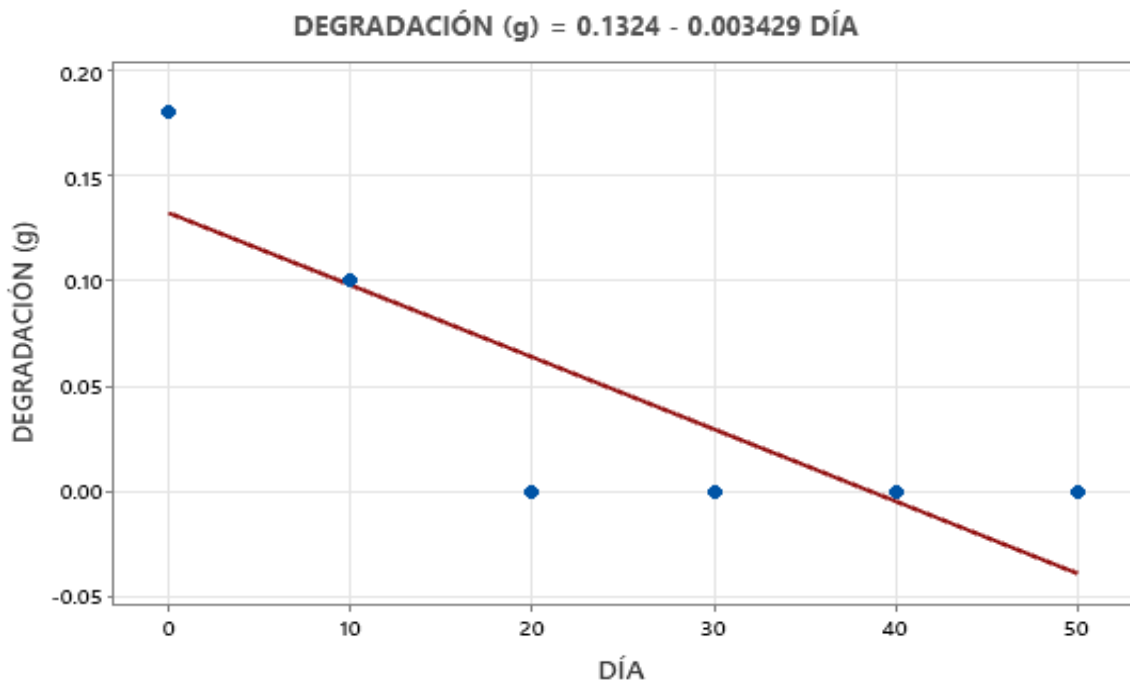
Figura 16.*Degradación lineal del jengibre***Figura 17.***Degradación lineal de la yuca*

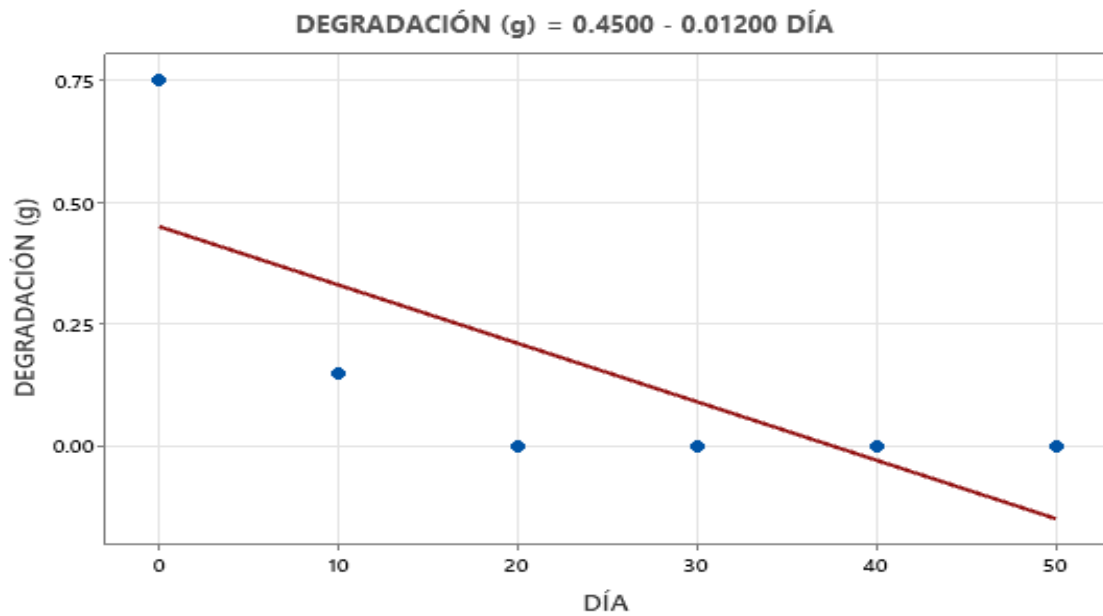
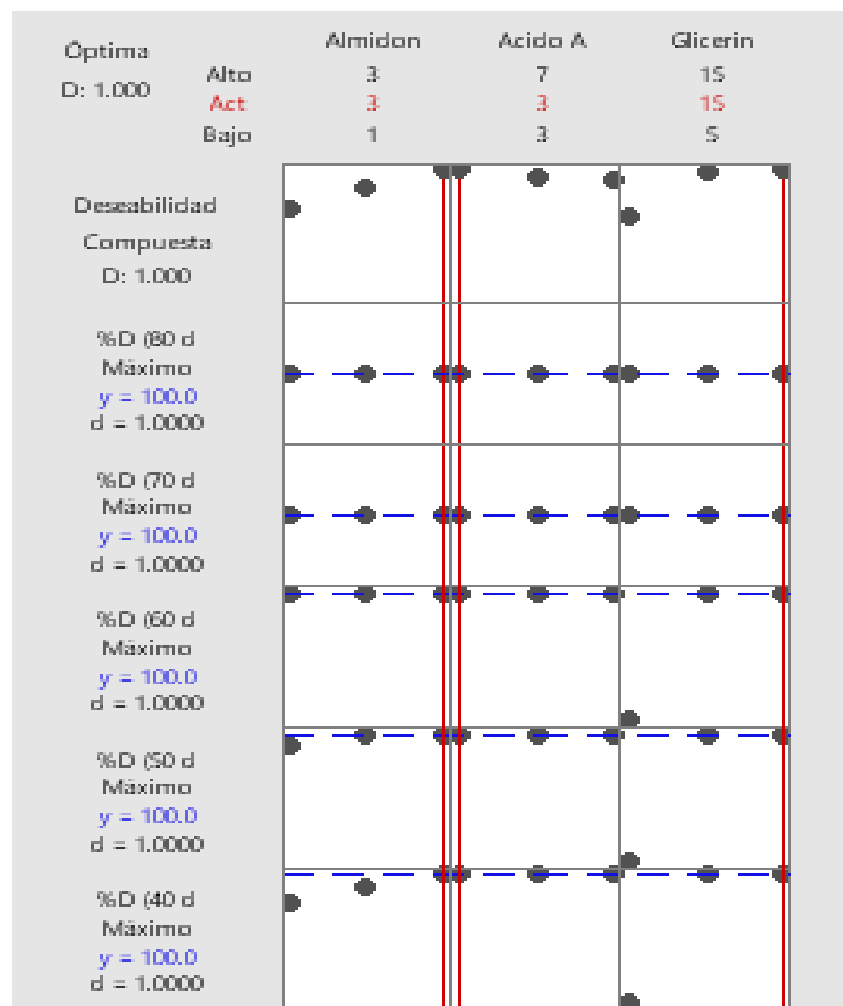
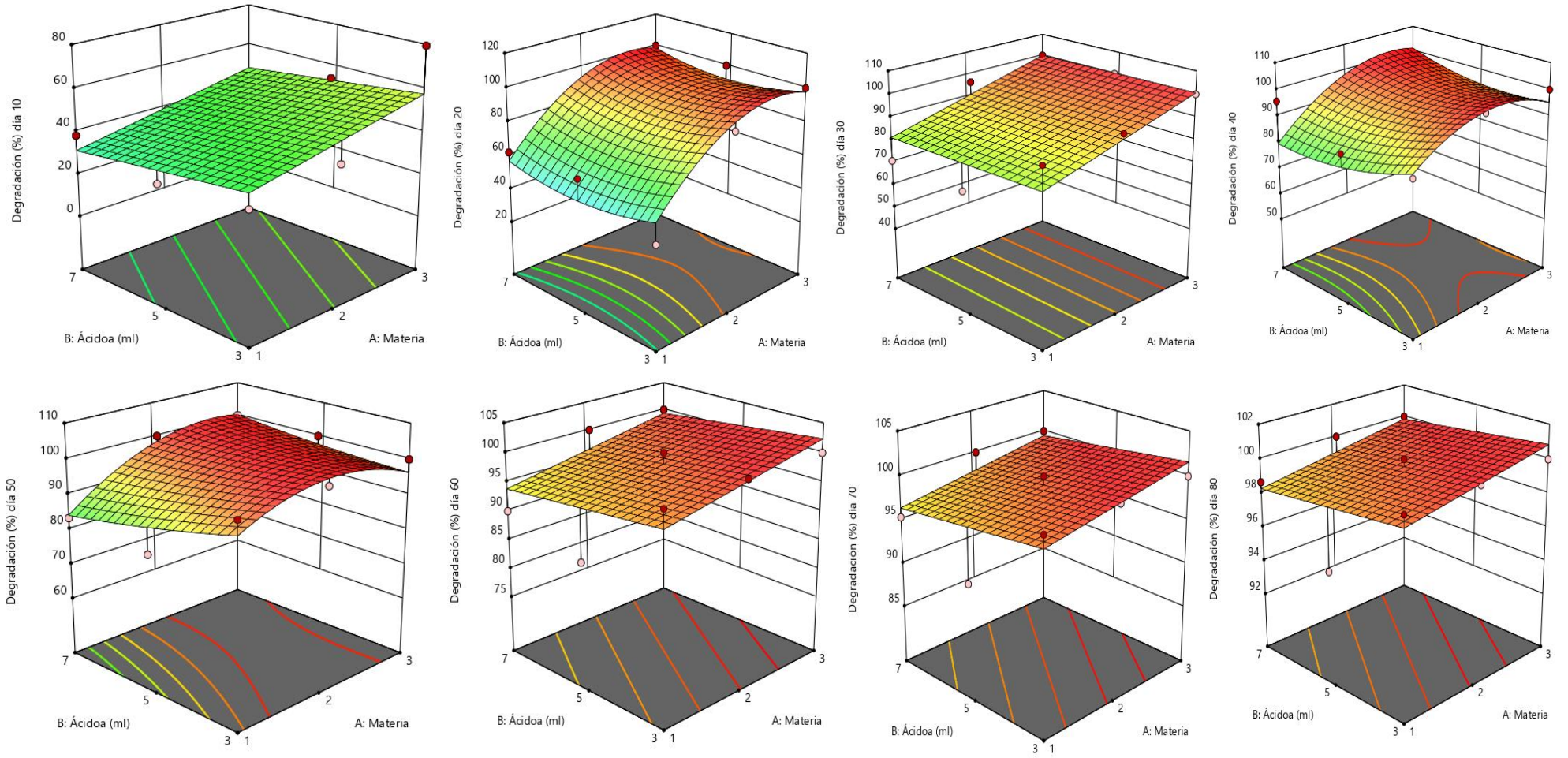
Figura 18.*Degradación lineal de la pituca***Figura 19.***Optimización de respuesta para la degradación*

Figura 20.

Modelo de superficie de respuesta para la degradación cada 10 días



4.1.10 Glicerina y Ácido Acético Óptimos en Propiedades Mecánicas y de Degradación para Bioplásticos

4.1.10.1 Optimización en Propiedades Mecánicas

Respecto a las propiedades mecánicas los resultados mostraron que, el jengibre con el tratamiento T1 y su combinación de 5 ml de glicerina y 3 ml de ácido acético resultó ser la que logra la máxima tracción a diferencia de otras combinaciones evaluadas, siendo esta la formulación óptima para el bioplástico en términos de resistencia a la tracción.

En cuando a la elongación se refiere, el tratamiento T8 y la combinación de jengibre con 7 ml de ácido acético y 10 ml de glicerina es la que logra la máxima elongación entre las distintas combinaciones evaluadas, siendo esta la formulación óptima para el bioplástico en términos de capacidad de elongación.

4.1.10.2 Optimización en Degradación

La interpretación de los resultados de degradación de los bioplásticos elaborados con jengibre, yuca y pituca, en función de las concentraciones de ácido acético y glicerina, revela varios patrones significativos en el comportamiento de los materiales a lo largo del tiempo de la evaluación de biodegradabilidad, en este caso cada 10 días.

Para el jengibre, los resultados muestran que a medida que aumentan las concentraciones de glicerina y ácido acético, la degradación es más pronunciada. En las pruebas realizadas con concentraciones de ácido acético de 10 y 15 ml, se observa una mayor pérdida de peso, lo que indica una mayor fragilidad y una degradación más rápida en comparación con las concentraciones más bajas. Por ejemplo, en el tratamiento T3 con 3 g de ácido acético y 15 ml de glicerina, la pérdida de peso fue considerable, alcanzando valores que demuestran una tendencia a la degradación progresiva del material. Esto sugiere que la combinación de estos aditivos influye en la estructura del bioplástico, facilitando su degradación, probablemente debido a la descomposición de la matriz polimérica y la ruptura de enlaces químicos.

En el caso de la yuca, los datos muestran un comportamiento diferente. La pérdida de peso es mucho más baja en comparación con el jengibre. A pesar de que se observan algunas pérdidas en peso con el aumento de la concentración de ácido acético y glicerina, estas son significativamente menores. Esto sugiere que los bioplásticos elaborados a partir de yuca son más resistentes a la degradación en las condiciones probadas, lo que podría estar relacionado con la composición estructural del material y su capacidad para retener agua, lo que limita la acción del ácido acético y la glicerina en la matriz polimérica.

Finalmente, los resultados obtenidos para la pituca muestran una respuesta similar a la del jengibre, donde el aumento en la concentración de los aditivos también conduce a una mayor degradación. Sin embargo, la variabilidad en las mediciones sugiere que el comportamiento de

los bioplásticos a partir de pituca podría depender más de las características específicas de cada lote de materia prima. La pérdida de peso en las pruebas con las concentraciones más altas es notable, indicando que la pituca puede ser más susceptible a la degradación bajo ciertas condiciones.

En resumen, la influencia de las concentraciones de ácido acético y glicerina en la degradación de los bioplásticos es evidente, con variaciones significativas entre las diferentes materias primas. Los resultados sugieren que la formulación de bioplásticos debe tener en cuenta las propiedades inherentes de cada material para optimizar su resistencia y degradabilidad, lo que podría abrir nuevas vías para el desarrollo de bioplásticos más eficientes y sostenibles en aplicaciones específicas.

4.2 Prueba de Hipótesis

La hipótesis general planteada, que establece que las concentraciones óptimas de glicerina y ácido acético son de 5 ml y 3 ml respectivamente, no fue validada. Según los resultados experimentales, las concentraciones que optimizan las propiedades mecánicas y la biodegradabilidad varían dependiendo del tipo de propiedad evaluada (tracción, elongación y degradación). En los análisis estadísticos, se observó que las combinaciones propuestas inicialmente no alcanzaron los mejores resultados, siendo superadas por otras combinaciones con diferencias estadísticamente significativas. Los valores de p obtenidos en las pruebas ANOVA fueron menores a 0.001 ($p < 0.001$), lo que indica un nivel de confianza superior al 99.9% en que las diferencias observadas no se deben al azar. Esto respalda que las combinaciones óptimas se encuentran en intervalos distintos a los propuestos inicialmente.

CONCLUSIONES

Se evaluaron las concentraciones óptimas de glicerina y ácido acético en las propiedades mecánicas y la degradación de bioplásticos nativos de la Selva Central. Los resultados obtenidos indican que las concentraciones óptimas varían según la propiedad evaluada, demostrando que no existe una única combinación ideal para maximizar tanto las propiedades mecánicas como la biodegradación. Sin embargo, todas las formulaciones cumplieron con los estándares de biodegradación establecidos por la norma UNE-EN 13432:2001, lo que evidencia el potencial de estos bioplásticos para aplicaciones sostenibles.

Respecto a la tracción máxima, se concluye que la concentración óptima para alcanzar la máxima resistencia a la tracción del bioplástico es con el tratamiento T1 con 5 ml de glicerina y 3 ml de ácido acético, usando jengibre como materia prima.

Respecto a la elongación máxima se concluye que, la capacidad de elongación del bioplástico se logró con el tratamiento T8 con la combinación de 7 ml de glicerina y 10 ml de ácido acético. Esta formulación permitió obtener la mayor flexibilidad del bioplástico.

Respecto a la degradación, la combinación óptima fue 3 ml de ácido acético y 15 ml de glicerina con el tratamiento T21, empleando el almidón de la pituca como materia prima, obteniendo una tasa de degradación de 0.01200 g/día. Esta formulación mostró la degradación más rápida y consistente, cumpliendo con la norma UNE-EN 13432:2001, y alcanzando el 90% de degradación en menos de 90 días.

En conjunto, los resultados confirman la viabilidad de ajustar las concentraciones de glicerina y ácido acético para optimizar las propiedades mecánicas y la degradación de los bioplásticos, dependiendo de la aplicación específica requerida.

RECOMENDACIONES

Las formulaciones de bioplásticos nativos de la Selva Central sean ajustadas en función de la aplicación específica. Para aplicaciones que requieren alta resistencia a la tracción, se sugiere utilizar 5 ml de glicerina y 3 ml de ácido acético. En cambio, para productos que necesiten mayor flexibilidad y elongación, se debería optar por 7 ml de glicerina y 10 ml de ácido acético.

Realizar estudios adicionales que evalúen otras combinaciones de glicerina y ácido acético para explorar sus efectos en propiedades mecánicas no solo en el jengibre, sino también en otros materiales nativos de la Selva Central. Esto podría abrir oportunidades para encontrar nuevas formulaciones óptimas que satisfagan diferentes requerimientos técnicos.

Es fundamental llevar a cabo investigaciones que evalúen la biodegradación de estas formulaciones en condiciones ambientales reales, más allá de los estándares de la norma UNE-EN 13432:2001. Esto permitirá comprender cómo se comportan los bioplásticos en el medio ambiente y su potencial para ser utilizados en aplicaciones sostenibles.

Implementar programas de capacitación y sensibilización para productores y usuarios sobre las ventajas de utilizar bioplásticos derivados de recursos nativos. Esta acción podría fomentar el uso de materiales más sostenibles y contribuir a la reducción del impacto ambiental.

Establecer un sistema de monitoreo para evaluar las propiedades mecánicas y la biodegradación de los bioplásticos a lo largo del tiempo. Esto permitirá determinar la durabilidad y efectividad de las formulaciones en diversas aplicaciones, asegurando su viabilidad en el mercado.

Finalmente, se aconseja investigar la influencia de otros factores, como la temperatura, la humedad y el tiempo de procesamiento, en las propiedades de los bioplásticos, ya que estos aspectos pueden tener un impacto significativo en el rendimiento del material final.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andina. (2022). Jengibre peruano ingresó por primera vez a Guatemala.: <https://agroexportaciones.com/2022/03/13/jengibre-peruano-ingresó-por-primera-vez-a-guatemala-informo-promperu/>
- Aybar, X. (2021) Caracterización fisicoquímica y funcional de harina pre cocida de dos variedades de Pituca (*Colocasia Esculenta*) obtenida por extrusión [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/2166/TS_XAAL_2022_R2.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Barreiro, F. I., & Coronel, A. B. (2021) Bagazo de caña de azúcar (*saccharum officinarum*) y almidón de yuca (*mianihot esculenta*) como sustituto de poliestireno en la elaboración de platos biodegradables [Proyecto de Investigación, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. <https://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/42000/1402/TTAI10D.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Bermúdez, J. (2022) Evaluación morfométrica de los órganos anexos al sistema digestivo de los pollos de engorde alimentados con harina de follaje de yuca [Tesis de pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/3936>
- Bustamante, Y. (2014). Gestión de residuos sólidos biodegradables para el logro de la ecoeficiencia en la universidad. *Gestión en el Tercer Milenio*, 17(34), 73-79. doi:<https://doi.org/10.15381/gtm.v17i34.11696>
- Cajahuaman, M., & Huaranga, L. (2020). “Evaluación de la resistencia tensil de un plástico biodegradable obtenido a partir de almidón de papa (*Solanum Tuberosum*)” [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/cc62c229-7d89-4efd-8cb0-2b8097d75a4f/content>
- Ccallo, M., Sacaca, F., Callata, R., Vigo, J., & Calla, G. (2020). Biodegradación de polímeros de plástico por *Pseudomonas*. *Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 6(2), 46-59. [https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/ri_ctd/article/view/1457/1834#:~:text=La%20biodegradaci%C3%B3n%20es%20un%20proceso,microorganismos%20\(Gama%2C%202014\).](https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/ri_ctd/article/view/1457/1834#:~:text=La%20biodegradaci%C3%B3n%20es%20un%20proceso,microorganismos%20(Gama%2C%202014).)
- Cerrato, E. (2023). “Gestión Integral de Residuos Sólidos”. (Atlantic International University) <https://www.aiu.edu/spanish/publications/student/spanish/Integrated-Management-of-Residual-Solids.htm>

- Chariguamán, J. (2015) Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (*Passiflora edulis* spp.) [Proyecto de Investigación, Escuela Agrícola Panamericana]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/06a5dc04-9bc7-4253-a0ad-30c4c6c160be/content>
- Chele, E. (2023) Determinar las características morfométricas de órganos anexos al tracto gastrointestinal, y su correlación con los parámetros productivos en cerdos de engorde alimentados con yuca y banano como fuentes energéticas [Tesis de pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/5286>
- DC Fine. (2022). ¿Qué es el ácido acético? . DC Fine Chemicals: <https://www.dcfinechemicals.com/es/blog/acido-acetico/>
- Del Valle, C. (2021) Formulación y evaluación de una película de desintegración oral con extracto antioxidante de propóleos de *Apis mellifera*. [Tesis de maestría, Centro de Investigación Científica de Yucatán]. https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/1870/1/PCMP_M_Tesis_2021_Celia_Maria_del_Valle_Herrera.pdf
- Dicenta, S. (2015). Almidones resistentes, importancia funcional, fundamentos de su determinación. *Latinoamericanos de Nutrición*. <https://url-shortener.me/9NDX>
- Distrito.pe. (2023). Distrito de Pichanaqui. Pichanaqui: <https://www.distrito.pe/distrito-pichanaqui.html>
- DEIA(Dirección de Estadística e Información Agraria, Perú). 2017. Resultados de la Encuesta de intención de siembra en la región Junín. Lima. Perú. 34p. <https://www.midagri.gob.pe/portal/orientacion-productor>
- ECODES. (2020). Contaminación por plásticos. Uno de los mayores desafíos ambientales del siglo XXI. *Salud y Medioambiente*. <https://url-shortener.me/9NE4>
- El Peruano. (2018). Ley que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables. *Diario Oficial*. <https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/1724734-1>
- Espinoza, E., & Oscco, C. (2021) Evaluaron la influencia de la glicerina y melamina en la propiedad físico-mecánica de elongación y biodegradabilidad del bioplástico de almidón de semilla de palta (*Persea americana* Mill) "PALTA" [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Los Andes]. <https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/3625/TESIS%20FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- EUROPARL. (2018). Plásticos en el océano: datos, efectos y nuevas normas europeas (Infografía). <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20181005STO15110/plasticos-en-el-oceano-datos-efectos-y-nuevas-normas-europeas-infografia>
- García, E. (2023) Efecto de la fertilización química a base de npk sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de pituca (*Colocasia esculenta schott*) en la zona de aucayacu. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ucayali]. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/6192>
- García, K. (2022) Obtención de empaques biodegradables a partir del almidón de yuca (*Manihot esculenta crantz*) y maíz (*Zea mays*) [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <https://hdl.handle.net/20.500.14292/2230>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* [PDF]. Mexico: McGraw-Hill Education. http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/SampieriLasRutas.pdf
- Hormaza, J., & Salazar, Y. (2021) *Evaluación de la Biodegradabilidad de Películas Plastificadas Elaborado a partir de Almidón de Solanum tuberosum*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/75284/Hormaza_GJL-Salazar_SYR-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- INSST. (2018). *Ácido Acético*. <https://acortar.link/Vcy70B>
- INSTRON. (2023). *ASTM D638: la guía definitiva para los ensayos de tracción de plásticos*. INSTRON. <https://url-shortener.me/9NFM>
- Machaca, C. (2022). *Obtención de bioplástico a partir de almidón de la semilla de palta (Persea americana) variedad Hass y determinación de la biodegradabilidad* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Moquegua]. <https://repositorio.unam.edu.pe/server/api/core/bitstreams/a5926174-6dfd-4141-b155-dd674531feb6/content>
- Mallqui, A. (2023) “*Evaluación de la biodegradabilidad en bioplásticos a partir de almidón de olluco (Ullucus tuberosus) mediante la técnica de compostaje*” [Tesis de pregrado, Universidad Huánuco]. <http://repositorio.udh.edu.pe/20.500.14257/4223>
- Maraví, J. (2018). “*Caracterización de fincas productoras de kion, piña y plátano en la microcuenca cuyani – pichanaki (Junín, Perú)*” [Tesis de pregrado, Universidad Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3577/maravi-loyola-jazmin-yurema.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- MATER-BI. (2015). *¿Qué es la biodegradabilidad?* <https://materbi.com/es/ques-es/biodegradabilidad-y-compostabilidad/#:~:text=>
- Mega, S. (2019). *Memoria Descriptiva Pichanaqui*. <https://es.scribd.com/document/407075449/Memoria-Descriptiva-Cocinas-Pichanaqui>
- Melian 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* [Tesis de pregrado, Universidad Austral de Chile]. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/fam522e/doc/fam522e.pdf>
- Melo, M. (2023). *Infografía: El mundo está inundado de residuos plásticos*. Statista. <https://es.statista.com/grafico/30051/produccion-mundial-de-residuos-plasticos-por-tipo/>
- Meza, P. (2016) “*Elaboración de bioplásticos a partir de almidón residual obtenido de peladoras de papa y determinación de su biodegradabilidad a nivel del laboratorio*” [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2016/Q60-M49-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Meza, P., Quipuzco, L., & Meza, V. (2019). Elaboración de bioplásticos y determinación de su biodegradabilidad - Proyecto de laboratorio. *Instituto de Investigación FIGMMG-UNMSM*, 22(43), 67- 80. [file:///D:/Descargas%202/58242%20\(1\).pdf](file:///D:/Descargas%202/58242%20(1).pdf)
- MINAM. (2017). *Menos plástico más vida*. Ministerio del Ambiente. <https://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/cifras-del-mundo-y-el-peru/>
- MINAM. (2021). *Cifras del Perú*. Ministerio del Ambiente. <https://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/cifras-del-mundo-y-el-peru/>
- Ministerio de Producción y Trabajo. (2017). *Jengibre*. <https://url-shortener.me/9NFS>
- Montoya, M., Espinal, M., Bello, I., López, C., Mendoza, E., Bravo, C., & López, P. (2022). Elaboración de bioplástico a base de cáscara de plátano (musa paradisiaca) y almidón de maíz (*Zea mays*). *Ciencia Latina*, 6(4), 2385-2401. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2763
- Morales, F. (2012). Fitogeografía e industrialización del almidón de pituca (*Colocasia esculenta*). *Espacio y Desarrollo*, (24), 97-117. <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espacioydesarrollo/article/view/7587>
- Murillo, W.(2008). *La investigación científica* <https://www.monografias.com/trabajos15/invest-cientifica/invest-cientifica>
- Navarro, R. (2020). *Glicerina*. Atida Mifarma: <https://www.atida.com/es-es/blog/diccionario-farmacia/que-es-la-glicerina-para-que-sirve/>

- Nivelo, B. (2021). *Obtención de un plástico biodegradable a partir del almidón de jengibre (zingiber officinale) para su uso en el embalaje de alimentos* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/16764>
- Obando, L., & Vega, E. (2019). “*Proceso de secado de pituca (colocasia esculenta) en un secador rotatorio discontinuo*” [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Callao]. <https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/4296/OBANDO%20M ORENO%20y%20vega%20vega%20quimica%202019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- OCDE. (2022a). *La contaminación por plástico crece sin cesar, en tanto que la gestión de residuos y el reciclaje se quedan cortos, dice la OCDE.* <https://www.oecd.org/espanol/noticias/perspectivas-globales-del-plastico.htm#:~:text=Otro%2019%25%20se%20incinera%2C%20el,en%20los%20pa%C3%ADses%20m%C3%A1s%20pobres.>
- OCDE. (2022b). *Noticias - OCDE en español.* Noticias - OCDE. <https://www.oecd.org/espanol/noticias/perspectivas-globales-del-plastico.htm>
- ONU. (2023). *Microplásticos: consecuencias históricas de la contaminación por plásticos.* UNEP. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/microplasticos-consecuencias-historicas-de-la-contaminacion-por>
- Paredes, R. (2020). *Propuesta de elaboración de bioplástico en base a almidón de yuca para vasos descartables* [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/12438/2/IV_FIN_108_TI_Paredes_Vega_2020.pdf
- Plaza, E. (2024). *Agua destilada.* El tiempo. <https://www.eltiempo.es/noticias/agua-destilada-que-es-usos-y-beneficios>
- PLSC. (2023). *Resistencia - Elongación.* Mechanical Propierties of Polymers. <https://www.pslc.ws/spanish/mech.htm#:~:text=La%20elongaci%C3%B3n%20el%C3%A1stica%20es%20el,el%20material%20es%20un%20elast%C3%B3mero>
- Pryor, C. (2023). *La guía definitiva de la norma ASTM D882: ensayo de tracción de películas plásticas delgadas.* INSTRON. <https://www.instron.com/es-es/testing-solutions/astm-standards/astm-d882>
- Quispe, J. (2022). *La pituca opción nutricional y mejor alimentación.* <https://www.aldia.unah.edu.pe/la-pituca-opcion-nutricional-y-mejor-alimentacion/>

- Rivas, M. (2019). *La crisis de la contaminación plástica* <https://mx.boell.org/es/2019/07/16/la-crisis-de-la-contaminacion-plastica>
- Roa, M. (2022). *Un mundo de residuos*. Statista: <https://url-shortener.me/9NFZ>
- Rodríguez, C. (2013). *Metodología de investigación científica aplicada a la ingeniería*. *Revista de Investigación Científica Aplicada a la Ingeniería*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
http://www.unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Investigacion/IF_ABRIL_2012/IF_ALFARO RODRIGUEZ_FIEE.pdf.
- Ruiloba, I., Li, M., & Correa, J. (2018). Elaboración de bioplástico a partir de almidón de semillas de mango. *Grupo Ciencia y Tecnología Innovadora de Alimentos (CYTIA)*, 4. [file:///C:/Users/user/Downloads/1815-Texto%20del%20art%C3%ADculo-8742-2-10-20180710%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/1815-Texto%20del%20art%C3%ADculo-8742-2-10-20180710%20(2).pdf)
- Ruiz, G. (2006). Obtención y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. *Ingeniería y Ciencia*, 2(4), 5-28. <https://www.redalyc.org/pdf/835/83520401.pdf>
- SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Agraria, Perú). 2017. Tacna: *Senasa certifica ocho toneladas de kion para su exportación a Holanda*. <https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/tacna-senasa-certifica-ocho-toneladas-de-kion-para-su-exportacion-holanda/>.
- Sanz, A. (2023). *Tecnología de grasas, aceites y ceras*. <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-02.php>
- Tantarico, J., Rojas, M., Pagador, S., Vega, A., Lescano, L., Sanchez, J., & Linares, G. (2021) *Planchas biodegradables a base de almidón de Pituca y cáscara de Cacao: Características físico-mecánicas y degradabilidad* [Trabajo de investigación, Universidad Nacional de Trujillo]. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/34443/FP112.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- UNE. (2023). *UNE-EN 13432:2001*. Normalización Española: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0024465>
- Zamora, Y., & Riera, M. (2020). Obtención del bioplástico a partir de almidón de maíz. *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios*, 7(1), 1-11. https://revistas.up.ac.pa/index.php/revista_colon_ctn/article/view/1134/948

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	<p>a) Variable independiente Parámetros de elaboración</p> <p>Dimensiones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Glicerina • Ácido acético • Almidón <p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> • 5, 10 y 15 • 3, 5 y 7 • Jengibre, yuca y pituca <p>b) Variable dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Propiedades mecánicas • Degradación <p>Dimensiones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resistencia • Biodegradabilidad <p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fuerza de tracción máxima • Porcentaje de elongación máxima • Porcentaje de masa de pérdida por día 	<p>a) Nivel, tipo y diseño de investigación</p> <p>El nivel será explicativo, de tipo aplicado y diseño experimental - diseño factorial 3³.</p> <p>b) Población y muestra</p> <p>La población será el jengibre, yuca y pituca que son productos nativos procedentes del distrito de Pichanaqui y la muestra serán 5 kg de cada uno de los productos de elaboración de los bioplásticos (jengibre, yuca y pituca).</p> <p>c) Técnicas e instrumentos de recolección de datos</p> <p>Técnicas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Análisis documental - Análisis de campo <p>Instrumentos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Repositorios institucionales, páginas web, bases de datos y fuentes bibliográficas para la ejecución del estudio. - Fichas de recolección de datos. <p>d) Análisis de datos</p> <p>Se analizaron mediante los softwares estadísticos: Jamovi, Minitab y Desing Expert, se realizó la prueba de normalidad, se obtuvo el ANOVA de los resultados. Así mismo se utilizó el programa</p>
¿Cuál será la concentración óptima de glicerina y ácido acético en las propiedades mecánicas y degradación utilizando almidones de yuca, pituca y jengibre en bioplásticos nativos de la Selva Central - 2025?	Evaluar las concentraciones óptimas de glicerina y ácido acético en las propiedades mecánicas y degradación utilizando almidones de yuca, pituca y jengibre en bioplásticos nativos de la Selva Central - 2025.	<p>La concentración óptima de glicerina y ácido acético en las propiedades mecánicas y degradación de bioplásticos nativos de la Selva Central es de 5 ml y 3 ml respectivamente.</p>		
Problemas específicos	Objetivos específicos			
¿Cuál es la concentración óptima de glicerina y ácido acético empleando almidones de yuca, pituca y jengibre para lograr la tracción máxima del bioplástico?	Determinar la concentración óptima de glicerina y ácido acético empleando almidones de yuca, pituca y jengibre para lograr la tracción máxima de bioplásticos.			
¿Cuál es la concentración óptima de glicerina y ácido acético para lograr la elongación máxima del bioplástico, utilizando almidones de yuca, pituca y jengibre?	Determinar la concentración óptima de glicerina y ácido acético para lograr la elongación máxima del bioplástico, utilizando almidones de yuca, pituca y jengibre.			
¿Cuál será la concentración óptima de glicerina y ácido acético para obtener el mayor porcentaje de degradación de los bioplásticos empleando almidones de yuca,	Calcular la concentración óptima de glicerina y ácido acético para obtener el mayor porcentaje de degradación, empleando almidones de yuca, pituca y			

pituca y jengibre en referencia a la norma UNE-EN 13432:2001?	jengibre en los bioplásticos en referencia a la norma UNE-EN 13432:2001.		Microsoft Excel para el procesamiento de los resultados originales recopilados durante la investigación.
---	--	--	--

Anexo 2. Tracción en bioplástico del jengibre

Bioplástico	Ácido acético	Glicerina	Tracción (Pa)	Promedio	
Jengibre	3	5	1451.38	1500.41	
			1544.55		
			1505.32		
		10	1171.89		1072.19
			980.67		
			1064.02		
	15	696.27	645.61		
		686.47			
		554.08			
	5	5	970.86	862.99	
			686.47		
			931.63		
		10	931.63		944.71
			956.15		
			946.34		
	15	539.37	544.27		
		539.37			
		554.08			
	7	5	686.47	660.32	
			681.56		
			612.92		
10		1520.03	1495.51		
		1471.00			
		1495.51			
15	554.08	588.40			
	686.47				
	524.66				

Anexo 3. Tracción en bioplástico de la yuca

Bioplástico	Ácido Acético	Glicerina	Tracción (Pa)	Promedio
Yuca	3	5	848.275	848.28
			853.179	
			843.372	
	3	10	828.662	872.79
			882.599	
			907.115	
	3	15	892.405	918.56
			916.922	
			946.342	
	5	5	784.532	807.41
			799.242	
			838.469	
	5	10	926.728	939.80
			936.535	
			956.148	
5	15	838.469	872.79	
		872.792		
		907.115		
7	5	809.049	841.74	
		882.599		
		833.565		
7	10	843.372	849.91	
		858.082		
		848.275		
7	15	887.502	882.50	
		877.695		
		882.599		

Anexo 4. Tracción en bioplástico de la pituca

Bioplástico	Ácido Acético	Glicerina	Tracción (Pa)	Promedio
Pituca	3	5	961.05	954.51
			961.05	
			941.44	
	3	10	970.86	957.78
			961.05	
			941.44	
	3	15	1005.18	993.74
			980.67	
			995.37	
	5	5	882.60	862.99
			848.28	
			858.08	
	5	10	833.57	853.18
			853.18	
			872.79	
5	15	872.79	854.81	
		858.08		
		833.57		
7	5	539.37	523.02	
		509.95		
		519.75		
7	10	505.04	516.48	
		529.56		
		514.85		
7	15	603.11	612.92	
		622.72		
		612.92		

Anexo 5. Elongación en bioplástico del jengibre

Bioplástico	Ácido Acético	Glicerina	Elongación (Mm)	Promedio
Jengibre	3	5	5	4
			3	
		10	4	3
			2	
			4	
			3	
	15	2	3.67	
		5		
		4		
		5		
	5	5	0	3
			4	
		10	1	1.67
			3	
			1	
			2	
	15	2	3.33	
		3		
		5		
		2		
	7	5	1	1
			0	
		10	8	7.67
			7	
8				
1				
15	1	1.33		
	2			

Anexo 6. Elongación en bioplástico de la yuca

Bioplástico	Ácido Acético	Glicerina	Elongación (mm)	Promedio
Yuca	3	5	4	5
			6	
			5	
	3	10	6	5.67
			5	
			6	
	3	15	4	3
			2	
			3	
	5	5	3	2.67
			2	
			3	
	5	10	6	5
			4	
			5	
5	15	4	4.33	
		5		
		4		
7	5	2	2.33	
		3		
		2		
7	10	7	6.67	
		6		
		7		
7	15	4	4	
		5		
		3		

Anexo 7. Elongación en bioplástico de la pituca

Bioplástico	Ácido Acético	Glicerina	Elongación (mm)	Promedio	
Pituca	3	5	0	0	
			0		
			0		
		10	1.0		1.67
			3.0		
			1.0		
	15	2.0	2.67		
		3.0			
		3.0			
	5	5	1.0	1.33	
			1.0		
			2.0		
		10	1.0		1.33
			2.0		
			1.0		
	7	15	0.0	0.67	
			1.0		
			1		
		5	1		1
			0		
2					
10	10	0	0.33		
		0			
		1			
	15	2		2	
		2			
		2			

			R2	0.64	0.49	0.28	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			R3	0.68	0.44	0.32	0.15	0.09	0.06	0.04	0.02	0.00	0.00
			R1	0.75	0.48	0.28	0.17	0.16	0.14	0.12	0.08	0.04	0.02
J9	7	15	R2	0.63	0.56	0.37	0.23	0.13	0.08	0.04	0.02	0.00	0.00
			R1	0.74	0.47	0.28	0.17	0.15	0.12	0.09	0.05	0.03	0.00

Anexo 9. Pesos de degradación en bioplástico de la yuca

N° Tratamiento	Factores		Réplica	Dimensión (mm)	Peso de degradación					
	Ácido Acético (ml)	Glicerina (ml)			Día 0 (g)	Día 10 (g)	Día 20 (g)	Día 30 (g)	Día 40 (g)	Día 50 (g)
Y1	3	5	R1	0.87	0.11	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
			R2	0.78	0.13	0.10	0.06	0.03	0.01	0.00
			R3	0.75	0.13	0.10	0.02	0.00	0.00	0.00
Y2	3	10	R1	0.16	0.09	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
			R2	0.24	0.16	0.10	0.02	0.00	0.00	0.00
			R3	0.80	0.05	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
Y3	3	15	R1	0.25	0.17	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
			R2	0.30	0.19	0.12	0.06	0.04	0.01	0.00
			R3	0.28	0.26	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00
Y4	5	5	R1	0.91	0.22	0.11	0.02	0.01	0.00	0.00
			R2	0.83	0.17	0.11	0.01	0.01	0.00	0.00
			R3	0.80	0.16	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00
Y5	5	10	R1	0.97	0.19	0.18	0.07	0.05	0.02	0.00
			R2	0.86	0.13	0.10	0.06	0.04	0.02	0.00
			R3	0.25	0.11	0.10	0.04	0.04	0.01	0.00
Y6	5	15	R1	0.46	0.24	0.18	0.00	0.00	0.01	0.00
			R2	0.42	0.20	0.10	0.08	0.06	0.03	0.01
			R3	0.30	0.21	0.12	0.02	0.00	0.00	0.00
Y7	7	5	R1	0.16	0.10	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
			R2	0.20	0.23	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00
			R3	0.18	0.22	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00

Y8	7	10	R1	0.35	0.16	0.07	0.04	0.02	0.00	0.00
			R2	0.36	0.23	0.14	0.08	0.05	0.03	0.01
			R3	0.32	0.17	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
Y9	7	15	R1	0.86	0.19	0.15	0.01	0.00	0.00	0.00
			R2	0.50	0.16	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00
			R3	0.60	0.17	0.12	0.04	0.02	0.00	0.00

Anexo 10. Pesos de degradación en bioplástico de la pituca

N° Tratamiento	Factores		Réplica	Dimensión (mm)	Peso de degradación							
	Ácido Acético (ml)	Glicerina (ml)			Día 0 (g)	Día 10 (g)	Día 20 (g)	Día 30 (g)	Día 40 (g)	Día 50 (g)	Día 60 (g)	Día 70 (g)
P1	3	5	R1	0.69	0.31	0.25	0.16	0.09	0.06	0.02	0.00	0.00
			R2	0.68	0.25	0.10	0.07	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00
			R3	0.75	0.28	0.20	0.13	0.11	0.08	0.05	0.02	0.00
P2	3	10	R1	0.75	0.42	0.17	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			R2	0.60	0.42	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			R3	0.62	0.49	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P3	3	15	R1	0.97	0.88	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			R2	0.95	0.56	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			R3	0.96	0.80	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P4	5	5	R1	0.94	0.54	0.26	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			R2	0.80	0.36	0.29	0.17	0.10	0.05	0.02	0.00	0.00
			R3	0.66	0.47	0.39	0.26	0.13	0.07	0.03	0.01	0.00
P5	5	10	R1	0.84	0.44	0.24	0.06	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00
			R2	0.80	0.52	0.43	0.22	0.17	0.11	0.08	0.04	0.01
			R3	0.86	0.29	0.13	0.07	0.05	0.03	0.01	0.00	0.00
P6	5	15	R1	0.50	0.31	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			R2	0.56	0.71	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			R3	0.60	0.54	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P7	7	5	R1	0.91	0.41	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Anexo 11. Resultados de Porcentajes de Biodegradación en Bioplástico de Jengibre

Bioplástico	Ácido acético	Glicerina	Porcentaje de degradación								
			día 0	día 10	día 20	día 30	día 40	día 50	día 60	día 70	día 80
Jengibre	3	5	0	26.98	50.79	63.49	77.78	90.48	96.83	100	100
		10	0	37.42	57.67	77.91	87.12	95.09	98.16	100	100
		15	0	33.86	46.46	92.13	96.06	99.21	100	100	100
	5	5	0	22.22	34.44	61.11	77.78	92.22	98.89	100	100
		10	0	29.77	52.67	76.34	85.50	93.89	99.24	100	100
		15	0	29.95	63.77	69.57	75.85	81.64	86.47	91.30	95.17
	7	5	0	5.17	39.66	48.28	58.62	68.10	76.72	85.34	92.24
		10	0	34.56	62.50	93.38	95.59	97.06	98.53	100	100
		15	0	38.41	62.25	70.86	77.48	83.44	90.07	95.36	98.68

Anexo 12. Porcentajes de biodegradación en bioplástico de la pituca

Bioplástico	Ácido acético	Glicerina	Porcentaje de degradación							
			día 0	día 10	día 20	día 30	día 40	día 50	día 60	día 70
		5	0	34.52	57.14	71.43	82.14	91.67	97.62	100
	3	10	0	76.69	95.49	100	100	100	100	100
		15	0	79.46	100	100	100	100	100	100
		5	0	31.39	62.77	83.21	91.24	96.35	99.27	100
Pituca		10	0	36	72	79.2	87.2	92.8	96.8	99.2
	5	15	0	53.85	100	100	100	100	100	100
		5	0	27.08	79.17	94.79	100	100	100	100
	7	10	0	28.69	88.52	93.44	97.54	100	100	100
		15	0	42.38	100	100	100	100	100	100

Anexo 13. Porcentajes de biodegradación en bioplástico de la yuca

Bioplástico	Ácido acético	Glicerina	Porcentaje de degradación					
			día 0	día 10	día 20	día 30	día 40	día 50
Yuca	3	5	0	21.62	78.38	91.89	97.30	100
		10	0	40	93.33	100	100	100
		15	0	38.71	90.32	93.55	98.39	100
	5	5	0	34.55	94.55	96.36	100.00	100
		10	0	11.63	60.47	69.77	88.37	100
		15	0	38.46	84.62	90.77	93.85	98.46
	7	5	0	43.636	100	100	100	100
		10	0	46.429	78.57	87.50	94.64	98.21
		15	0	38.462	86.54	96.15	100	100

Anexo 14. Caracterización del compost – Lombri Perú

BIO-COMPOST MEJORADOR Y DESINTOXICADOR DE SUELO DEGRADADOS

FICHA TÉCNICA

BIOCOMPOST es un bio abono mejorador y desintoxicador de suelos degradados por el uso de indiscriminados de agroquímicos formulado para aplicaciones generales en la agricultura orgánica o convencional, contiene elementos mayores y menores de fuentes orgánicas y minerales, a sido incorporado microorganismos beneficios de la rizosfera como levaduras, hongos, glucosa y bacterias que estimulan e incrementan la fertilidad biológica de los suelos, ayuda a, solubilizar nutrientes que normalmente están presentes en el suelo de forma soluble, el abono **BIOCOMPOST** fertiliza y desintoxica mejorando el suelo en el proceso de unificación continua hasta crear humus con los microorganismos en su estado final, aportando al cultivo los nutrientes esenciales a las raíces sin evaporarse ni lavarse manteniéndose en el suelo hasta que la planta los absorbe en su totalidad.

BIOCOMPOST Libera diferentes tipos de hongos y bacteria de la rizosfera que colonizan la zona de la raíz ayudando a la disponibilidad y asimilación de nutrientes para la planta; la combinación de materia orgánica con minerales y microorganismos beneficios crean condiciones ideales para la raíz y el suelo que aseguran un óptimo crecimiento vigor y sanidad de las plantas, en la actualidad la mayoría de los suelos son explotable de acuerdo a su capacidad de uso mayor y carece de actividad microbiana, materia orgánica y minerales, es necesario para mantener la sanidad de los cultivos en su producción actual y futura.

BENEFICIOS:

BIOCOMPOST aporta:

- Rizo bacterias**- promotoras de crecimiento que producen una variedad de sustancias que incrementan y estimulan el crecimiento de las plantas.
- Bacterias libres y simbióticas**- fijadoras de Nitrógeno atmosférico favoreciendo el crecimiento de la planta.
- Bacterias solubilizadora de fósforo**- solubilizan el fósforo de fuentes minerales insolubles no disponibles a las plantas en formas que esta lo puedan asimilar.
- Bacterias descomponedoras de materia orgánica**- rompen las estructura de la materia orgánica convirtiéndola en humus.
- Hongos estimulantes**- ayuda el desarrollo radicular creando una simbiosis en el hongo y la planta.
- Hongos entomopatógenos**- ayudan a mantener la sanidad de los suelos y el cultivo controlando la desarrollo de los patógenos.
- Desintoxica**- Los suelos por el uso indiscriminado de agroquímicos y desapareciendo la formación de rastro de aluminio.



PROPIEDADES:

Física BIOCOMPOST

- Reducción en las oscilaciones térmicas
- Mejora la estructura del suelo
- Aligera suelos arcillosos
- Aumenta la capacidad hídrica y gaseosa
- Mejora el drenaje
- Reduce la erosión
- Aumenta la retención de humedad
- Reduce la evaporación
- Elimina rastros de aluminio

Químicas BIOCOMPOST

- Regula el pH
- Aumenta la capacidad de intercambio catiónico
- Mantiene los cationes de forma cambiante
- Forma quelatos
- Se forma en ácido húmicos y fúlvicos
- Mantiene la reservas de elementos mayores y menores en el suelo

Biológicas BIOCOMPOST

- Favorece la respiración radicular
- Favorece la respiración de semillas
- Regula la actividad microbiana de los suelos degradados
- Es fuente de energía para los microorganismos beneficios
- El CO₂ desprendido favorece la solubilización de nutrientes
- Mejora la nutrición de los cultivos en general

FUENTES:

BIOCOMPOST es elaborado a partir de:

Residuos Animales..... 75 %
 Minerales 5%
 Residuos Vegetales con microorganismos.....10%

INOCULACIÓN:

BIOCOMPOST contiene una variedad de microorganismo como **Levaduras, Hongo y Bacterias** beneficios los cuales provienen de un caldo microbiológico de alta actividad biológica, que al hacer contacto con la materia orgánica se multiplican en millones, iniciando así los procesos de descomposición de la materia orgánica.

Composición mínima Garantizada

Elemento	Valor	Unidad
pH	6.5 a 7.5	-
M.O	30 a 40	%
N	1.5 a 2.5	%
P ₂ O ₅	3 a 3.5	%
K ₂ O	1.5 a 3.5	%
CaO	2.5 a 4.0	%
MgO	1.0 a 2.0	%
Humedad	20	%
Cu	60	ppm
Zn	400	ppm
Fe	2000	ppm
Retención de Humedad	100	%
Ácidos Húmicos	10 - 15	%
Ácidos Fúlvico	2 - 5	%
Mineralización	70	%
Relación C/N	20-25	-

Características Físicas

Aspecto	Gránulos finos
Olor	No fétido
Color	Marrón oscuro

Anexo 15. Certificado de calibración de la balanza

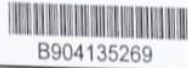


OHAUS Corporation

www.ohaus.com

Production Certificate

Certificate No.:



B904135269

Date: 04-29-2019

Product Information

Model: AX224

Serial Number: B904135269

Max Capacity: 220 g

Readability: 0.0001 g

Verification Value: _____ (Approval models only)

Class: _____ (Approval models only)

Environmental Conditions

Temperature: 23.4 °C

Test results

	Specification	Test Results
Repeatability (SD)	0.0001 g	Pass
Eccentric Load	0.0004 g	Pass
Linearity	±0.0002 g	Pass

Declaration

This balance was produced and tested at an ISO 9001:2015 and ISO 14001:2015 certified facility. The test results above confirm that the balance meets the technical specifications.



30307390

Anexo 16. Certificado de calibración del agitador magnético.

DAIHAN-Sci.com or ALL for LAB.com Shopping Mall

5. 제품 보증

5.1 품질 보증

5

품질보증서 (CERTIFICATION)

- 이 보증서의 소정 항목에 기재되지 않은 사항이 없는지 확인하여 주십시오.
- 이 보증서의 기재 내용에 따라 보증하여 드립니다.
- 이 보증서는 대한민국 국내 고객용이며 아래 보증 내용을 참조 하십시오.
- 사용 중 고장이 발생하였을 경우 구입처로 서비스를 요청 하십시오.
- 이 보증서는 재 발행 되지 않으니 잘 보관하여 주십시오.

제품명	High Temperature Digital Hotplates & Stirrers
모델명	MaXtir™ MSH500, MS500, HP500
제조번호	
보증기간	구입일로부터 24개월
구입일자	년 월 일
구입대리점	

보증내용

1. 본 제품은 보증기간 동안 소비자의 과실이 아닌 제품의 하자로 인한 고장의 경우에는 무상으로 수리 또는 동종의 제품으로 교환해 드리겠습니다.
2. 품질보증 기간은 구입일로부터 2년(24개월)입니다.

유상서비스

다음과 같은 경우에는 보증기간 내이라도 별도의 서비스 요금을 청구합니다.

1. 품질보증 기간 2년을 경과한 경우.
2. 제품을 임의로 개조 또는 수리한 경우.
3. 사용자의 취급 부주의로 인한 고장인 경우.
4. 천재지변(화재, 염해, 가스재해, 수해, 기타)에 의한 고장인 경우.

(주) 대한 과학

강원도 원주시 지정면 월송리 신평석화로 326

Call Center: 080-008-3000 A/S 만족

서울 사업소 : 02)967-5235

FAX: 033)737-7575 (본사), 02)967-5258 (서울 사업소)

Email: info@daihansci.co.kr

www.DAIHAN-Sci.com (www.ALLforLAB.com)



Models		"MaXtir™ HP500" (Package-set)	"MaXtir™ HP500" (Unit Only)
Material	Body	Powder Coated Aluminum	
	Plate	Solid Ceramic Glass Plate, 200×200mm	
Stirring Capa.		Max. 20Lit.	
Speed & Control Resolution		80 ~ 1,500 rpm 5 rpm	
Temp. Range & Accuracy		Max. 500°C, ±0.3°C at Set Temperature	
Temp. Resolution		0.1°C - Display, 0.5°C - Control	
Temp. Uniformity		Specially Designed Heating Module : Temp. Difference 10% less	
Heating Power		850 W	
Timer & Alarm		99hr 59min (with Continuous run.), Error Status & Timer-end	
Display		Digital LCD Display with Back-Light Function	
Controller		Digital Feedback Controller with Jog Shuttle Switch and Touch button	
Safety Circuit		Over Temp. Protection, Hot Top Indicator LED Lamp	
included Standard Acc.		Unit, * External Temp Probe-set	Unit Only
Permissible Temp. & RH %		Ambient +5 ~ 50°C, 85% RH	
Dimension & Weight		200 x 332 x 114mm, 3.8kg	
Power Consumption		900W	
Power Supply & Cord/Plug*		1 Phase, AC 120 V, 60 Hz or AC 230 V, 50 / 60 Hz, with Cord/Plug	

Models		"MaXtir™ MS500"
Material	Body	Powder Coated Aluminum
	Plate	Solid Ceramic Glass Plate, 200×200mm
Stirring Capa.		Max. 20Lit.
Speed & Control Resolution		80 ~ 1,500 rpm 5 rpm
Timer & Alarm		99hr 59min (with Continuous run.), Error Status & Timer-end
Display		Large Digital LCD with Back-Light Function
Motor Type		Brushless Shade Motor
Controller		Digital Feedback Controller with Jog Shuttle Switch and Touch button
Stirring Bar		3cm Bar - included, Usable : up to 5cm bar
Safety Circuit		Over Temp. Protection, Hot Top Indicator LED Lamp
Permissible Temp. & RH %		Ambient +5 ~ 50°C, 85% RH
Dimension & Weight		200 x 332 x 114mm, 3.8kg
Power Supply & Cord/Plug*		1 Phase, AC 120 V, 60 Hz or AC 230 V, 50 / 60 Hz

Anexo 17. Certificado de calibración de la estufa

MMM Medcenter Einrichtungen GmbH, Semmelweisstrasse 6 D-82152 Planegg / München

QZJ 11-01-02
Edition 11
Page 1/1

Works Test Report

Manufacturer: MMM Medcenter Einrichtungen GmbH

Trade Name: VENTICELL ECOCELL
 INCUCELL INCUCELL V
 VACUCELL DUROCELL
 FRIOCELL CLIMACELL

Master protocol
 QZJ 10-08-01/LSI ECO
 QZJ 10-11-01/VU ECO
 QZJ 10-06-01/FCCLC ECO
 QZJ 10-12-01/FCCLC EVO
 QZJ 10-13-01/VU EVO

Volume [l]: 22 55 111 222 404 707 1212

Serial number: H 191555

Type / Model: 1CV 1M ECO

Test date: 23. 9. 18

Calibration of the temperature measuring chain:
Working Procedure: QPP 11-11
 Single-point temperature measurement is performed with a sensor placed in the centre of the chamber.
Reference conditions of the measurement: Ambient temperature 23 ± 3 °C

Reference measuring equipment (Etalon):
 Recorder YOKOGAWA HR 3081, 47SB0881 Temperature sensor (thermocouple of type "T"), no.: 13
 47SB0880

Table of measured and calculated values:

Calibration point	Temperature [°C]		Deviation		Temperature [°C]
	Measured value (Etalon)	[°C]	[%]	Offseted value	
1. 37	37,70	0,7	1,9	0,7	
2. 70	71,0	1,0	1,4	1,0	
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					
8.					
Calibration point	Calculated value (extrapolation of measured values)	[°C]	[%]	Offseted value	

Selected components

Board TTSKM1: 010	Board TTSKS1: 010	Board P1F: 010 510870	System version: 14.0.2
Board TTCHMI1: 0105 13918	Board TTCMS1: 010	Board PSW: 010 510869	Heating elements: 010443507


Electrical Safety Tests

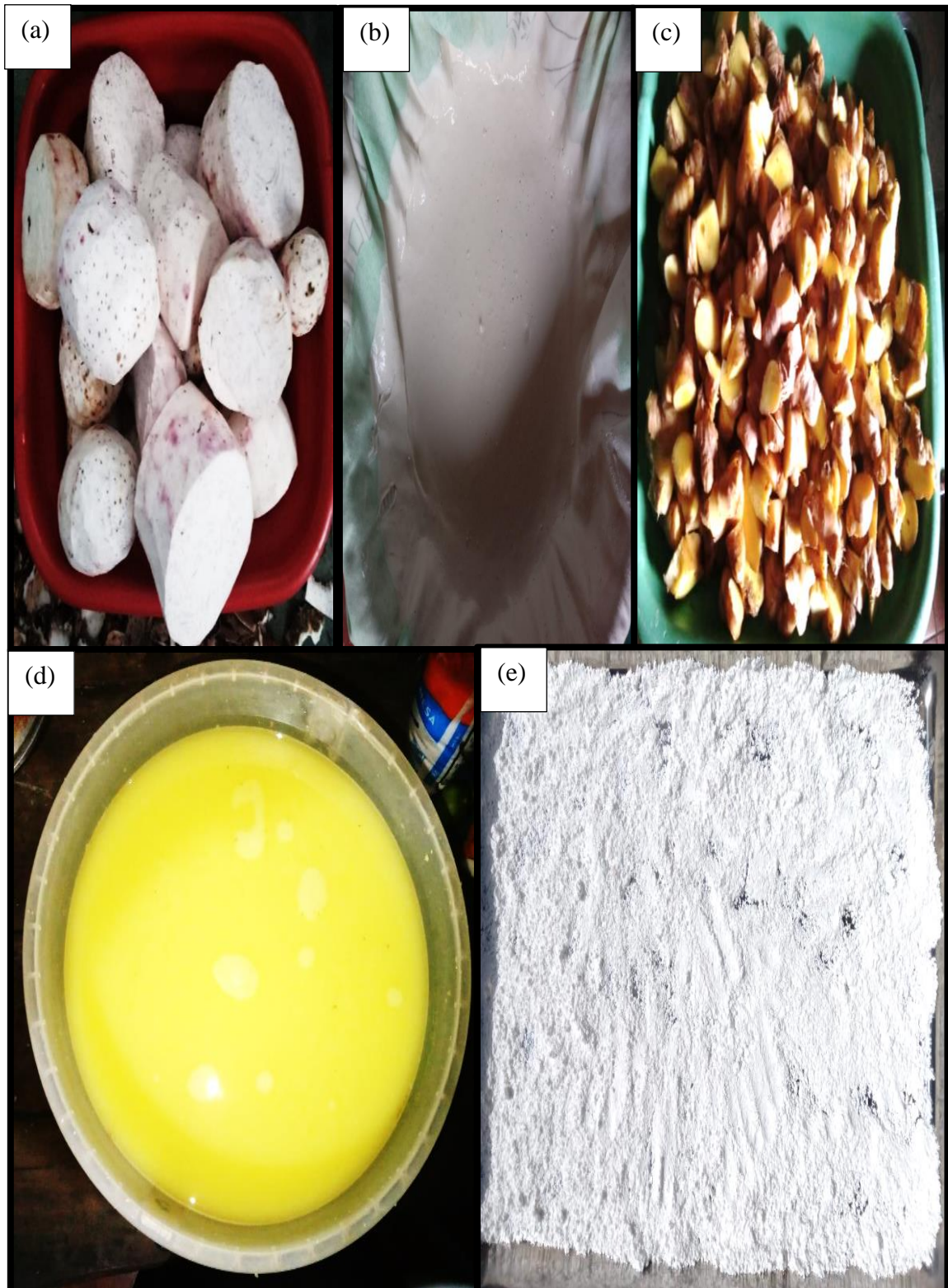
Test (encircle passed / not passed)	Test	Measured value
Check of mains cable and connection of PE and N conductors <input checked="" type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO	Leakage current. Max. value: 3.5 mA	0,75 mA / 230V
Dielectric Strength Test <input checked="" type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO	Measurement of energy take-off during heating / cooling. Max. value acc. to the Instructions for Use.	2,7 A
Protective Bonding Impedance. Max allowed impedance: 0.1 Ω <input checked="" type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO		

Conclusion
 PASSED NOT PASSED

Device: _____

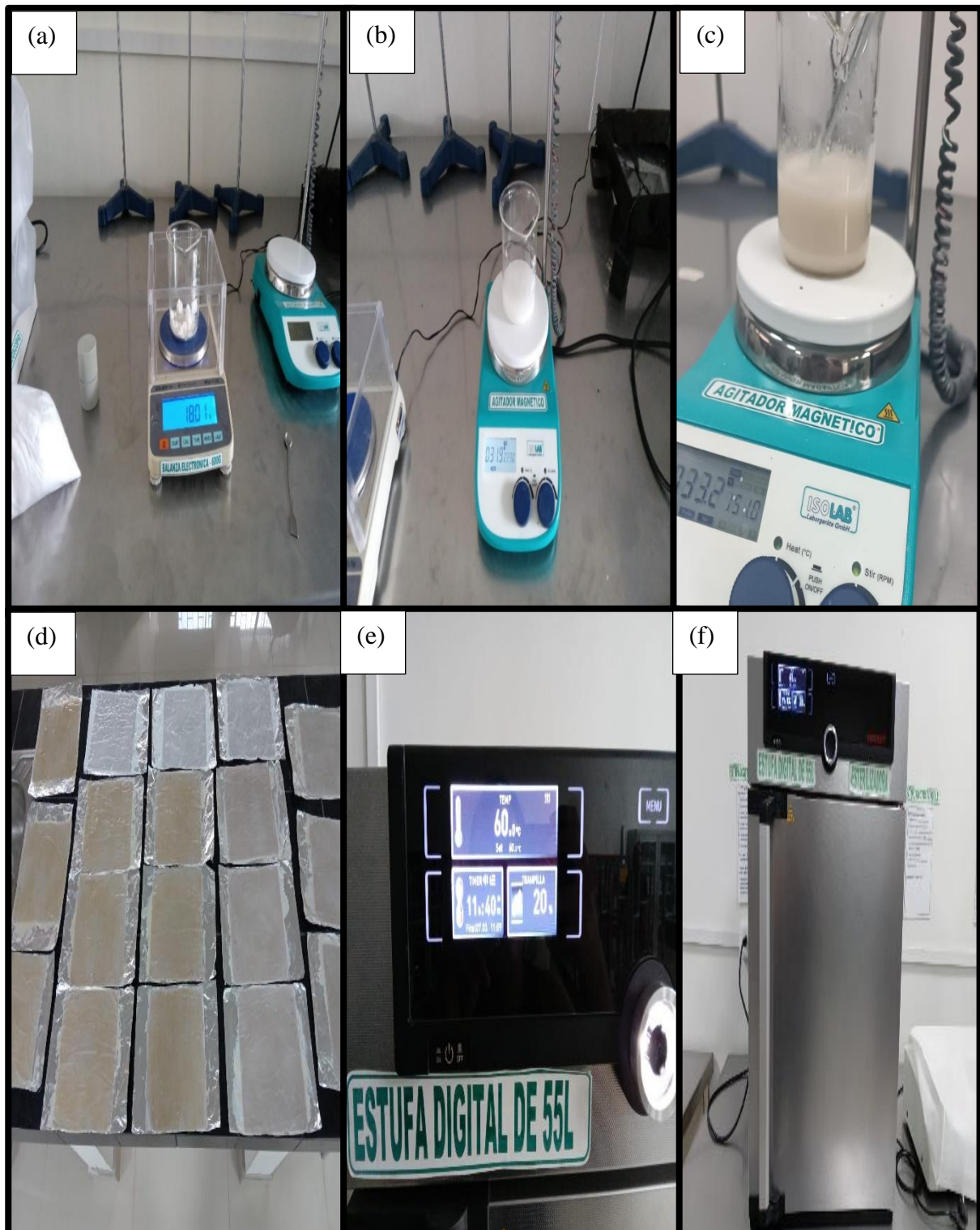
Person responsible for the measurement and for the document entirety:
 Date: 23. 9. 18 Name, surname: BERKA Signature, stamp: _____



Anexo 18. Panel fotográfico**Figura 10***Extracción de almidón*

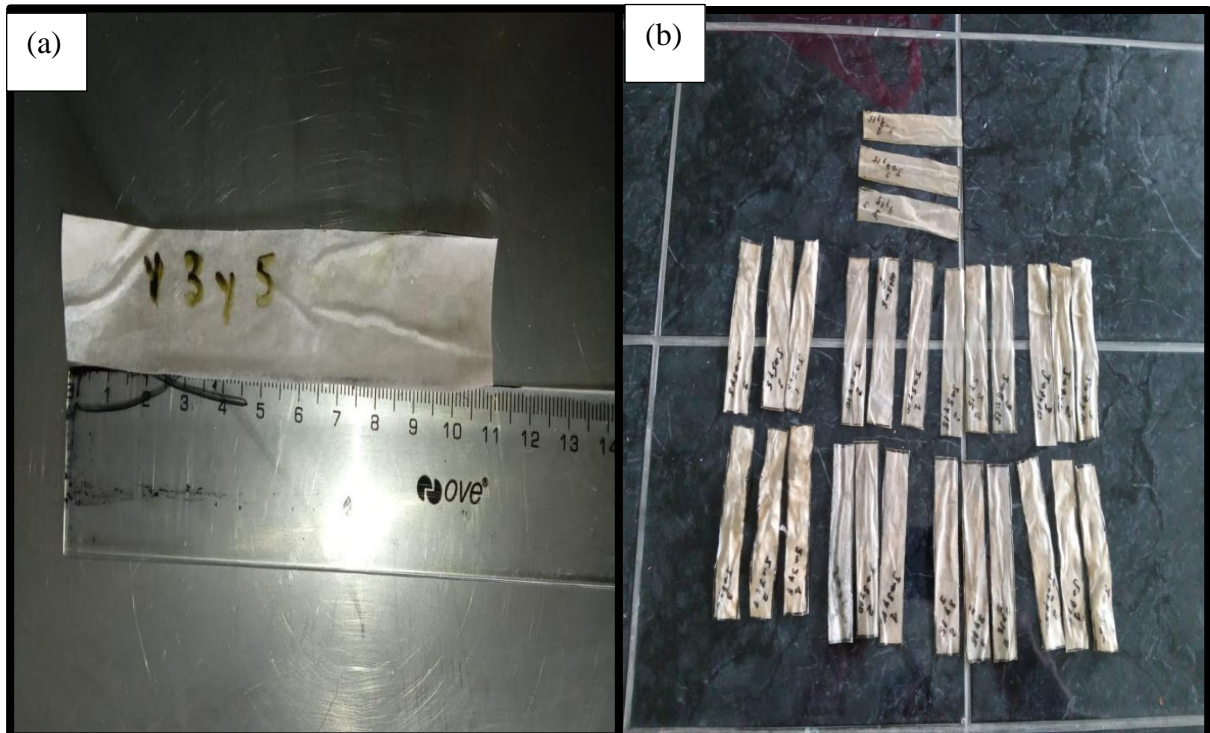
Nota. Lavado y pelado (a), picado (b), procesado (c), decantación (d) y secado (e).

Anexo 19. Elaboración de bioplásticos



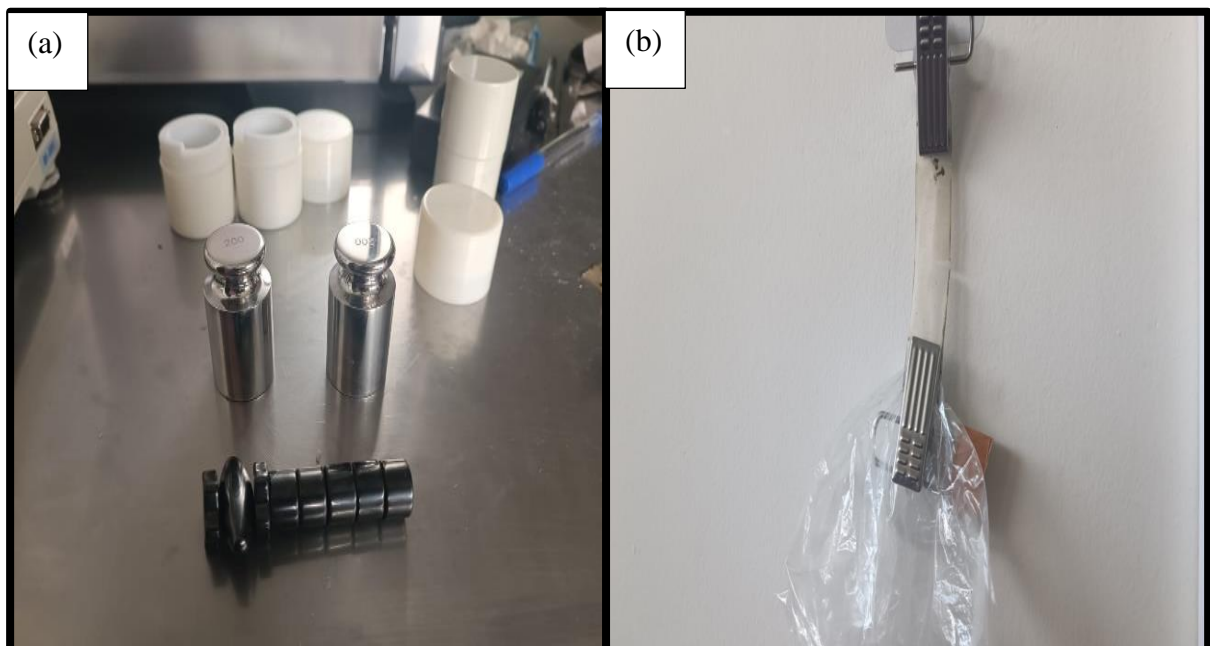
Nota. Pesado de almidón (a), mezcla (b), homogeneizado (c), moldeado de bioplásticos (d) y secado (e y f).

Anexo 20. Cortado de los bioplásticos para determinar la máxima tracción con los tres tipos de bioplásticos en diferentes concentraciones



Nota. Medida y muestras (a y b).

Anexo 21. Evaluación de la tracción máxima con los tres tipos de bioplásticos en diferentes concentraciones



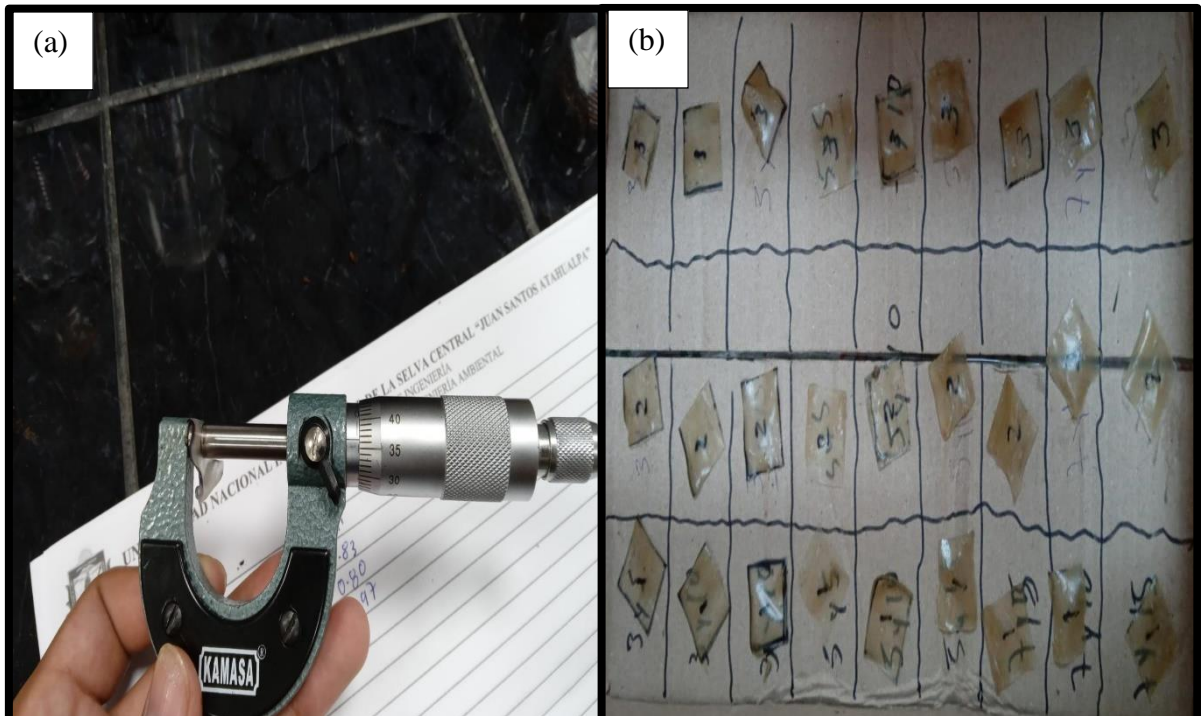
Nota. Pesas (a) y prueba de tracción (b).

Anexo 22. Evaluación de la elongación máxima con los tres tipos de bioplásticos en diferentes concentraciones



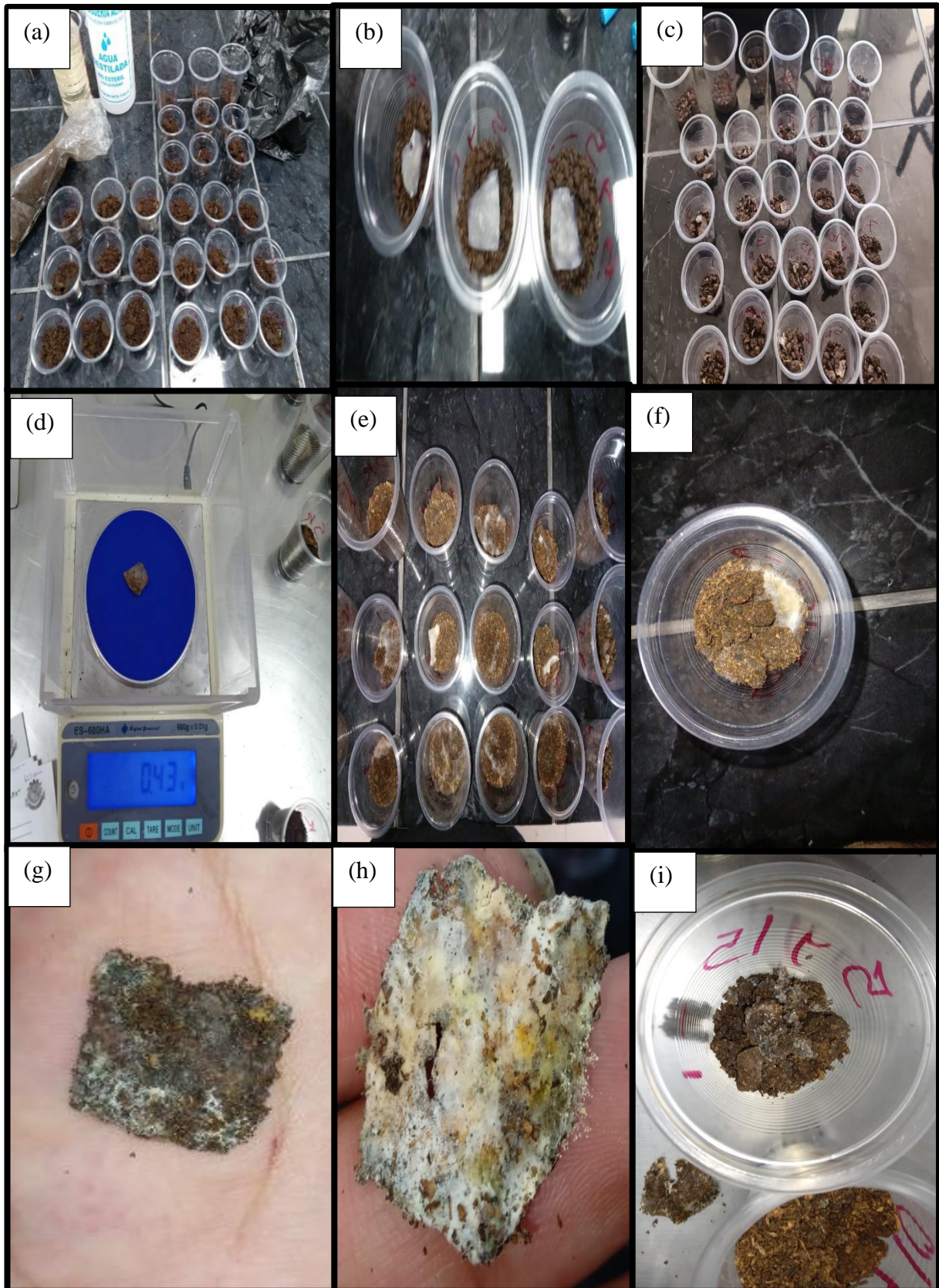
Nota. Prueba de elongación.

Anexo 23. Cortado de los plásticos para la biodegradabilidad



Nota. Medida de grosor (a) y bioplásticos recortados 20 x 20 mm (b).

Anexo 24. Biodegradabilidad de bioplásticos



Nota. Acondicionamiento del compost (a), implementado del bioplástico recortado (b), recubrimiento con compost (c), pesado del bioplástico degradado (d) y degradación del bioplástico (f, g, h e i)