

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN**  
**AMBIENTAL**



**PROYECTO DE TESIS:**

“Plástico biodegradable a partir de rechazo de pepa de palta (*Persea americana*) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho”

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero en Gestión Ambiental

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Ingeniería ambiental y geología

**TESISTA:**

Mavila Martinez, Sebastian

**ASESOR:**

Dr. Oseas Arístides Obregón Villantoy

**COASESORES:**

Ing. Michael Huisa Taípe  
Blgo. Luis G. La Torre Torres

**HUANTA – PERÚ**  
**2025**

NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS FINAL SUBSANADO - SEBASTIAN  
MAVILA.pdf**

RECUENTO DE PALABRAS

**27283 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**156299 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**199 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**9.6MB**

FECHA DE ENTREGA

**May 9, 2025 8:23 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**May 9, 2025 8:26 PM GMT-5**

### ● 16% de similitud general

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

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 11% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Fuentes excluidas manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



Firmado  
digitalmente por  
OBREGON  
VILLANTOY Oseas  
Aristides FAU  
20574653798 soft  
Fecha: 2025.05.09  
22:32:26 -05'00'

**“PLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DE RECHAZO  
DE PEPA DE PALTA (*PERSEA AMERICANA*) VARIEDAD  
HASS: CASO COMUNIDAD CHAMANA, AYACUCHO”**

**AUTOR:**  
**Bach. Sebastian Mavila Martinez**

**ASESOR:**

**Dr. Oseas Arístides Obregón Villantoy**

**COASESORES:**

**Ing. Michael Huisa Taipe**

**Blgo. Luis G. La Torre Torres**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA**  
Creada por Ley N° 29658

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL

\*AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA\*

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL  
DE INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL**

En ciudad de Huanta, en el auditorio de Estudios Generales de la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, ubicado en el Jr. Miguel Lazón N° 370 – cinco esquinas, a los 22 días del mes de mayo de 2025, siendo las 16:30 horas, se reunieron los miembros del jurado evaluador, en merito a la Resolución de Vicepresidencia Académica N° 029-2025-CO-UNAH, FE DE ERRATAS, siendo los siguientes:

**Dr. Solón Dante Carhuallanqui Ibarra**  
**Dra. Karina Milagros Ordoñez Ruiz**  
**Mtro. Fernando Gari Huayhua Lévano**

**Presidente**  
**Miembro titular 2**  
**Miembro Suplente**

Acto seguido se procedió a la lectura de la Resolución de Vicepresidencia Académica N° 029-2025-CO-UNAH, FE DE ERRATAS, que en el Artículo Primero. - rectifica la Resolución de Vicepresidencia Academia N° 016-2025-CO-UNAH, de fecha 28 de abril del año 2025, con relación al título del proyecto de tesis, del **Bach. Sebastian Mavila Martinez**, tesis titulada: **-Plástico biodegradable a partir de rechazo de pepa de palta (*Persea americana*) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho**", asesorado por el Dr. Oseas Aristides Obregón Villantoy, y como Coasesores el Ing. Michael Huisa Taipe y el Blgo. Luis Gonzalo La Torre Torres, para optar el Título profesional de: Ingeniero en Gestión Ambiental.

**Observaciones:**

.....

Terminada la respectiva verificación de la Resolución de Vicepresidencia Académica N° 029-2025-CO-UNAH, proceden a consignar el calificativo que se puso el día 08 de mayo de 2025, día de la sustentación programada para el testista, siendo el resultado siguiente:

|                     |     |
|---------------------|-----|
| Aprobado Regular    | (X) |
| Aprobado Bueno      | ( ) |
| Aprobado Muy Buenos | ( ) |
| Aprobado Excelente  | ( ) |

Siendo las 17:00 Horas se da por finalizada el acto académico de sustentación de tesis pasando a firmar los miembros del jurado evaluador.

  
Dr. Solón Dante Carhuallanqui Ibarra  
DOCENTE  
**Dr. Solón Dante Carhuallanqui Ibarra**  
PRESIDENTE

  
Dra. Karina Milagros Ordoñez Ruiz  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA  
DIRECTORA  
**Dra. Karina Milagros Ordoñez Ruiz**  
MIEMBRO TITULAR 2

  
Mtro. Fernando Gari Huayhua Lévano  
DOCENTE ORDINARIO ASOCIADO  
**Mtro. Fernando Gari Huayhua Lévano**  
MIEMBRO SUPLENTE

**DEDICATORIA:**

- A Dios, por otorgarme la vida y guiarme en cada paso hacia un nuevo peldaño en mi desarrollo profesional. A mi querida mamá, Elizabeth Martínez Ayala, por su amor incondicional y su apoyo constante en cada paso que doy. A mi hermano, Daniel Mavila Martinez por ser mi compañero de aventuras y mi mayor motivación. A mi abuelita, Paulina Ayala de Martínez, por sus sabias enseñanzas y su calidez, que siempre me inspiran. Y a mi tío Juan Pedro Martínez Ayala, por su aliento y por siempre estar presente en los momentos importantes de mi vida. Gracias a cada uno de ustedes por ser una parte fundamental de mi camino.

**AGRADECIMIENTOS:**

- A la universidad, por ofrecerme la valiosa oportunidad de participar en FOCAM, un espacio que me permitió explorar mis capacidades y desarrollar esta tesis con dedicación y esfuerzo.
- A mi asesor, el Dr. Oseas A. Obregón Villantoy, a mis coasesores el Ing. Michael Huisa Taipe y el Blgo. Luis Gonzalo de la Torre Torres, por su valioso apoyo y orientación a lo largo de este proceso. Su confianza en mis habilidades ha sido crucial para mi crecimiento.
- Y a todos aquellos que me han acompañado y apoyado en este viaje.

## RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo desarrollar un plástico biodegradable a partir de los residuos de pepas de palta (*Persea americana*) de la variedad Hass, recolectadas en la comunidad de Chamana, situada en el distrito de Luricocha, provincia de Huanta, Ayacucho. El estudio se realizó en tres etapas: la recolección de las pepas desechadas, la elaboración del bioplástico y el análisis de sus propiedades mecánicas, que incluyen la resistencia a la tracción, la fuerza de elongación y la biodegradabilidad. Se evaluaron 27 tratamientos distribuidos en 9 grupos, cada uno con diferentes proporciones de ácido acético y glicerina, utilizando almidón de las pepas y agua destilada. Los resultados revelan que el Grupo uno ha obtenido el puntaje compuesto más alto, con un valor de 0.8220, indicando que sus características son ideales para aplicaciones que requieren las tres características más estables y elevadas. El grupo siete logró una resistencia a la tracción promedio de 3.50 MPa, lo que sugiere su idoneidad para aplicaciones que requieren alta resistencia. Por su parte, el Grupo uno se destacó por su flexibilidad, alcanzando una fuerza de elongación del 52.40%, y además demostró ser el más biodegradable, con una pérdida de peso de hasta el 60%. Estos hallazgos indican que las pepas de palta Hass desechadas pueden transformarse en bioplásticos con propiedades mecánicas aceptables, aunque limitadas, lo que los hace aptos para aplicaciones de menor exigencia, contribuyendo así a la búsqueda de soluciones sostenibles ante la creciente problemática de la contaminación por plásticos.

**Palabras clave:** plásticos biodegradables, pepas de palta, fuerza de elongación, resistencia a la tracción, biodegradabilidad.

## ABSTRACT

This thesis aims to develop a biodegradable plastic from the waste of Hass avocado pits (*Persea americana*) collected in the Chamana community, located in the Luricocha district, Huanta province, Ayacucho. The study was conducted in three stages: the collection of discarded pits, the production of the bioplastic, and the analysis of its mechanical properties, which include tensile strength, elongation strength, and biodegradability. A total of 27 treatments were evaluated, distributed across 9 groups, each with different proportions of acetic acid and glycerin, using starch from the pits and distilled water. The results reveal that Group one achieved the highest composite score, with a value of 0.8220, indicating that its characteristics are ideal for applications requiring the three most stable and elevated properties. Group seven achieved an average tensile strength of 3.50 MPa, suggesting its suitability for applications that require high strength. Meanwhile, Group one excelled in flexibility, reaching an elongation strength of 52.40%, and also demonstrated the highest biodegradability, with a weight loss of up to 60%. These findings indicate that discarded Hass avocado pits can be transformed into bioplastics with acceptable, albeit limited, mechanical properties, making them suitable for lower-demand applications. This contributes to the search for sustainable solutions to the growing issue of plastic pollution.

**Keywords:** biodegradable plastics, avocado pits, elongation at break, tensile strength, biodegradability.

## ÍNDICE

|   |           |
|---|-----------|
| RESUMEN.....                                    | ix        |
| ABSTRACT.....                                   | x         |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                          | xv        |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                          | xvi       |
| INTRODUCCIÓN .....                              | 18        |
| <b>I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>       | <b>20</b> |
| 1.1 Descripción del problema .....              | 20        |
| 1.2 Objetivos de la investigación.....          | 22        |
| 1.2.1 Objetivo general.....                     | 22        |
| 1.2.2 Objetivos específicos .....               | 22        |
| 1.3 Justificación .....                         | 23        |
| 1.4 Hipótesis de la investigación .....         | 24        |
| 1.4.1 Hipótesis general.....                    | 24        |
| 1.4.2 Hipótesis específicas.....                | 24        |
| 1.5 Variables .....                             | 25        |
| <b>II MARCO TEÓRICO.....</b>                    | <b>28</b> |
| 2.1 Antecedentes .....                          | 28        |
| 2.1.1 Internacionales .....                     | 28        |
| 2.1.2 Nacionales.....                           | 33        |
| 2.1.3 Locales .....                             | 42        |
| 2.2 Bases teóricas.....                         | 43        |
| 2.2.1 Ley de Hooke.....                         | 43        |
| 2.3 Definiciones de términos .....              | 44        |
| 2.3.1 Palta Hass (Persea americana “Hass”)..... | 44        |
| 2.3.2 Rechazos orgánicos.....                   | 45        |
| 2.3.3 Descomposición Orgánica .....             | 45        |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 2.3.4   | Almidón .....   | 45 |
| 2.3.5   | Bioplásticos.....   | 46 |
| 2.3.5.1 | Clasificación de los bioplásticos. ....                       | 46 |
| 2.3.6   | Ácido acético .....   | 47 |
| 2.3.7   | Glicerina.....  | 48 |
| 2.3.8   | Plastificante.....  | 48 |
| 2.3.9   | Biodegradabilidad .....                                       | 48 |
| 2.3.10  | Extracción de almidón .....                                   | 49 |
| 2.3.11  | Propiedades mecánicas .....                                   | 49 |
| III     | METODOLOGÍA .....   | 50 |
| 3.1     | Tipo y nivel de investigación.....                            | 50 |
| 3.1.1   | Tipo de investigación.....                                    | 50 |
| 3.1.2   | Nivel de Investigación .....                                  | 51 |
| 3.2     | Ámbito Temporal y Espacial .....                              | 51 |
| 3.2.1   | Ámbito Temporal.....  | 51 |
| 3.2.2   | Ámbito Espacial.....  | 51 |
| 3.3     | Población, muestra y unidad experimental .....                | 52 |
| 3.3.1   | Población.....  | 52 |
| 3.3.2   | Muestra .....   | 54 |
| 3.4     | Instrumentos.....   | 54 |
| 3.5     | Procedimientos.....   | 55 |
| 3.5.1   | Fase experimental en laboratorio .....                        | 55 |
| 3.5.1.1 | Obtención del almidón de la pepa de palta Hass rechazada..... | 55 |
| 3.5.1.2 | Elaboración del bioplástico .....                             | 65 |
| 3.5.2   | Evaluación del almidón.....                                   | 74 |
| 3.5.2.1 | Rendimiento del almidón .....                                 | 74 |
| 3.5.3   | Evaluación de bioplásticos.....                               | 75 |

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| 3.5.3.1   | Determinación de la resistencia a tracción y fuerza de elongación del bioplástico ..... | 75  |
| 3.5.3.2   | Determinación de la biodegradabilidad .....   | 77  |
| 3.6       | Análisis de datos .....   | 84  |
| 3.6.1     | Tratamiento de los resultados .....   | 84  |
| 3.6.1.1   | Desarrollo de la prueba de hipótesis .....  | 84  |
| IV        | RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....  | 86  |
| 4.1       | Resultados .....  | 86  |
| 4.1.1     | Resultados de la elaboración del bioplástico .....                                      | 86  |
| 4.1.1.1   | Normalización de datos .....  | 89  |
| 4.1.1.2   | Cálculo del puntaje compuesto .....   | 90  |
| 4.1.2     | Resultados de la resistencia a la tracción .....  | 92  |
| 4.1.3     | Resultados de fuerza de elongación .....  | 94  |
| 4.1.4     | Resultados de la biodegradabilidad .....  | 97  |
| 4.2       | Proceso de prueba de hipótesis .....  | 100 |
| 4.2.1     | Proceso de prueba de hipótesis general .....  | 100 |
| 4.2.2     | Proceso de prueba de hipótesis específicos .....  | 101 |
| 4.2.2.1   | Verificación de supuestos .....   | 101 |
| 4.2.2.1.1 | <i>Prueba de Normalidad</i> .....   | 101 |
| 4.2.2.1.2 | <i>Prueba de Homogeneidad de varianza</i> .....   | 108 |
| 4.2.2.2   | Prueba de hipótesis .....   | 115 |
| 4.2.3     | Conclusiones de las hipótesis .....   | 136 |
| 4.3       | Discusión de los resultados .....   | 138 |
| V         | CONCLUSIONES .....  | 141 |
| VI        | RECOMENDACIONES .....   | 142 |
| VII       | REFERENCIAS .....   | 143 |
| VIII      | ANEXOS .....  | 158 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 8.1.1 | Anexo 1: Matriz de consistencia de la investigación.....             | 158 |
| 8.1.2 | Anexo 2: Certificado de ensayos de Tracción y Elongación .....       | 160 |
| 8.1.3 | Anexo 3: Ficha de calibración de la Máquina de Ensayo Uniaxial ..... | 161 |
| 8.1.4 | Anexo 4: Validación de las fichas de recolección de datos .....      | 165 |
| 8.1.5 | Anexo 5: Ficha de recolección del almidón extraído.....              | 168 |
| 8.1.6 | Anexo 6: Ficha de datos de biodegradabilidad .....                   | 169 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |     |
|---|-----|
| <b>Tabla 1:</b> Matriz de operacionalización de las variables. ....   | 26  |
| <b>Tabla 2:</b> Proporción de almidón extraído con kg de pepa de palta Hass en descomposición. ....   | 65  |
| <b>Tabla 3:</b> Grupos experimentales con los diferentes niveles de ácido acético, glicerina y almidón obtenido de las pepas de palta Hass rechazadas. .... | 68  |
| <b>Tabla 4:</b> Porcentaje de rendimiento obtenido. ....  | 74  |
| <b>Tabla 5:</b> Análisis descriptivo. ....  | 87  |
| <b>Tabla 6:</b> Valores Normalizados por el método Min-Máx. ....  | 90  |
| <b>Tabla 7:</b> Puntaje Compuesto de cada grupo experimental. ....  | 91  |
| <b>Tabla 8:</b> Resultados de la resistencia a tracción (MPa) de los bioplásticos. ....   | 93  |
| <b>Tabla 9:</b> Resultados de la fuerza de elongación (%) de los bioplásticos obtenidos del almidón de la pepa de la palta. ....                            | 95  |
| <b>Tabla 10:</b> Resultados de tasa de Biodegradabilidad (%) por pérdida de peso de los Bioplásticos. ....  | 98  |
| <b>Tabla 11:</b> Prueba de Normalidad para los datos de Resistencia a la Tracción. ....   | 103 |
| <b>Tabla 12:</b> Prueba de Normalidad para los datos de Fuerza de elongación. ....  | 105 |
| <b>Tabla 13:</b> Prueba de Normalidad para los datos de biodegradabilidad. ....   | 107 |
| <b>Tabla 14:</b> Prueba de Homogeneidad de Varianza para los datos de Resistencia a la Tracción. ....   | 110 |
| <b>Tabla 15:</b> Prueba de Homogeneidad de Varianza para los datos de Fuerza de elongación. ....  | 112 |
| <b>Tabla 16:</b> Prueba de Homogeneidad de Varianza para los datos de Biodegradabilidad. ....   | 114 |
| <b>Tabla 17:</b> Prueba ANOVA para los datos de Resistencia a la tracción. ....   | 118 |
| <b>Tabla 18:</b> <i>Prueba Post Hoc de Tukey en datos de Resistencia a la tracción.</i> ....  | 119 |
| <b>Tabla 19:</b> Prueba ANOVA para los datos de Fuerza de Elongación. ....  | 124 |
| <b>Tabla 20:</b> <i>Prueba Post Hoc de Tukey en datos de Fuerza de Elongación.</i> ....   | 126 |
| <b>Tabla 21:</b> Prueba ANOVA para los datos de Biodegradabilidad. ....   | 131 |
| <b>Tabla 22:</b> <i>Prueba Post Hoc de Tukey en datos de Biodegradabilidad.</i> ....  | 133 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1:</b> Conducta elástica de un cuerpo sólido. ....  | 44 |
| <b>Figura 2:</b> Clasificación de los bioplásticos. ....  | 47 |
| <b>Figura 3:</b> Mapa de ubicación de la comunidad de Chamana. ....   | 53 |
| <b>Figura 4:</b> Diagrama de bloques sobre la obtención del almidón de la pepa de palta Hass rechazada. ....                                | 57 |
| <b>Figura 5:</b> Recolección de las pepas de palta Hass rechazada de la comunidad de Chamana. ....  | 58 |
| <b>Figura 6:</b> Lavado y pesado de las pepas recolectadas. ....  | 59 |
| <b>Figura 7:</b> Lavado y pesado de las pepas recolectadas. ....  | 59 |
| <b>Figura 8:</b> Desmenuzados de las pepas de palta Hass rechazadas. ....   | 60 |
| <b>Figura 9:</b> Licuado de las pepas de palta Hass rechazadas. ....  | 60 |
| <b>Figura 10:</b> Proceso de filtración 1 con tela. ....  | 61 |
| <b>Figura 11:</b> Proceso de filtración 2 con tamiz N°200. ....   | 61 |
| <b>Figura 12:</b> Proceso de decantación del almidón obtenido. ....   | 62 |
| <b>Figura 13:</b> Secado del almidón obtenido. ....   | 62 |
| <b>Figura 14:</b> Proceso de molienda. ....   | 63 |
| <b>Figura 15:</b> Almacenamiento del almidón obtenido. ....   | 63 |
| <b>Figura 16:</b> Prueba de Lugol para determinar la presencia del almidón. ....  | 64 |
| <b>Figura 17:</b> Diagrama de bloques sobre el proceso de elaboración del bioplástico. ....   | 67 |
| <b>Figura 18:</b> Pesado del almidón obtenido. ....   | 68 |
| <b>Figura 19:</b> Preparación de los experimentos. ....   | 69 |
| <b>Figura 20:</b> Homogenización de los experimentos. ....  | 70 |
| <b>Figura 21:</b> Moldeado de los bioplásticos en placas de 20 cm x 20 cm. ....   | 71 |
| <b>Figura 22:</b> Proceso del primer secado de los bioplásticos. ....   | 72 |
| <b>Figura 23:</b> Proceso de desmolde de los bioplásticos. ....   | 72 |
| <b>Figura 24:</b> Proceso de almacenamiento en bolsas Ziploc. ....  | 73 |
| <b>Figura 25:</b> Proceso del segundo secado en campo abierto. ....   | 73 |
| <b>Figura 26:</b> Proceso de dimensionamiento a 15 cm x 13 cm. ....   | 75 |
| <b>Figura 27:</b> Proceso de almacenamiento de las muestras para las pruebas mecánicas en la Pontificia Universidad Católica del Perú. .... | 76 |
| <b>Figura 28:</b> Equipos de Análisis de Propiedades Mecánicas del Laboratorio de Materiales. ....  | 76 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura 29:</b> Proceso de entrega de las muestras para las pruebas mecánicas en la Pontificia Universidad Católica del Perú. .... | 77  |
| <b>Figura 30:</b> Diagrama de bloques sobre el proceso de determinación de la biodegradabilidad del bioplástico. ....                | 79  |
| <b>Figura 31:</b> Proceso de dimensionamiento de los bioplásticos. ....  | 79  |
| <b>Figura 32:</b> Pesado inicial de las láminas. ....  | 80  |
| <b>Figura 33:</b> Proceso de enterrado de los bioplásticos. ....   | 81  |
| <b>Figura 34:</b> Medición del pH y la temperatura. ....   | 81  |
| <b>Figura 35:</b> Medición de la humedad. ....   | 82  |
| <b>Figura 36:</b> Pesado de los bioplásticos degradados. ....  | 83  |
| <b>Figura 37:</b> Distribución del análisis descriptivo. ....  | 88  |
| <b>Figura 38:</b> Diferencias en resistencia a la tracción (MPa). ....   | 94  |
| <b>Figura 39:</b> Resultados de la fuerza de elongación promedio (%). ....   | 96  |
| <b>Figura 40:</b> Resultados de la Biodegradabilidad (%) de los Bioplásticos obtenidos del almidón de la pepa de la palta. ....      | 100 |
| <b>Figura 41:</b> <i>Valor crítico y valor del estadístico(F) para los datos de Resistencia a la tracción</i> .....                  | 118 |
| <b>Figura 42:</b> <i>Comparación resistencia a la tracción por cada grupo.</i> .....   | 121 |
| <b>Figura 43:</b> <i>Valor crítico y valor del estadístico(F) para los datos de Fuerza de elongación.</i> .....                      | 125 |
| <b>Figura 44:</b> <i>Comparación Fuerza de elongación por cada grupo.</i> .....  | 128 |
| <b>Figura 45:</b> <i>Valor crítico y valor del estadístico(F) para los datos de Biodegradabilidad</i> .....                          | 132 |
| <b>Figura 46:</b> <i>Comparación de biodegradabilidad por cada grupo.</i> .....  | 135 |

## INTRODUCCIÓN

El impacto ambiental de los plásticos tradicionales es un desafío global de magnitud incalculable, que afecta a la totalidad de los ecosistemas y a todas las formas de vida. Cada año, se producen más de 300 millones de toneladas de plástico, de las cuales una proporción alarmante termina en los océanos, causando estragos irreversibles en la vida marina y en los hábitats terrestres (Smith, 2023). La contaminación por plásticos ha desencadenado la muerte de millones de animales marinos y ha planteado serios riesgos para la salud humana, debido a la infiltración de microplásticos en la cadena alimentaria (Thompson et al., 2022).

En el ámbito nacional, Perú enfrenta una situación igualmente preocupante. Según el Ministerio del Ambiente (2022), el país produce aproximadamente 1 millón de toneladas de residuos plásticos al año, de las cuales solo el 1.9% es reciclado. Esta problemática es aún más crítica en las regiones de Ayacucho y Huancavelica, donde la gestión de residuos es deficiente y la contaminación por plásticos tiene efectos nocivos tanto en los ecosistemas locales como en la salud de las comunidades (García y López, 2022). En respuesta a esta crisis, los bioplásticos, que se derivan de fuentes renovables, emergen como una solución prometedora. A diferencia de los plásticos convencionales, los bioplásticos son biodegradables y tienen un impacto ambiental significativamente menor (European Bioplastics, 2023). Entre las materias primas potenciales para la producción de bioplásticos, las pepas de palta (*Persea americana*) variedad Hass se destacan por su alto contenido de almidón y otros compuestos beneficiosos, que las hacen una opción viable para la producción de materiales sostenibles (Martínez et al., 2021).

En este contexto, la presente investigación se enfoca en el aprovechamiento del almidón extraído de pepas de palta en estado de descomposición para la obtención de bioplásticos en la comunidad de Chamana, perteneciente al distrito de Luricocha. Esta comunidad, reconocida por su producción de palta, genera una cantidad considerable de residuos de pepas que, con

frecuencia, no son aprovechados de manera eficiente (García y López, 2022). Por lo tanto, el estudio titulado “Plástico biodegradable a partir de rechazos de pepas de palta (*Persea americana*) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho” adquiere una importancia significativa.

El presente trabajo está estructurado en ocho capítulos: el primer capítulo aborda el planteamiento del problema, incluyendo la descripción y formulación del problema, los objetivos, la justificación e importancia del estudio, así como las hipótesis y variables; el segundo capítulo presenta el marco teórico, abarcando los antecedentes, las bases teóricas y la definición de términos clave; el tercer capítulo detalla la metodología, explicando el tipo y nivel de investigación, el ámbito temporal y espacial, la población y muestra, los instrumentos, procedimientos y el análisis de datos; el cuarto capítulo expone los resultados obtenidos y su discusión; el quinto capítulo concluye con las principales conclusiones derivadas de la investigación; el sexto capítulo ofrece recomendaciones basadas en los resultados obtenidos; el séptimo capítulo incluye las referencias bibliográficas y documentos consultados; y el octavo capítulo presenta los anexos que complementan la información del estudio, como tablas y gráficos.

## I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Descripción del problema

En la actualidad, el mundo genera anualmente alrededor de 5 billones de bolsas de plástico, lo que equivale a unas 160,000 bolsas por segundo (The World Counts, 2023). Aproximadamente 8 millones de toneladas de plástico terminan en los océanos, específicamente en el océano Atlántico (MINAM, 2018). Según la Ellen MacArthur Foundation (2016), si el patrón de producción y uso de plásticos continúa, para el año 2050 habrá más plásticos que peces en los océanos. Hasta un 99% de los peces habrán consumido plástico, lo que afectará a unas 600 especies marítimas, de las cuales el 15% estarán en peligro de extinción debido a que el 50% de los residuos plásticos generados son de un solo uso.

Durante el año 2019 en plena época de la pandemia de COVID-19, China generó una asombrosa cantidad de 25,357 toneladas de plásticos de un solo uso (Mena Roa, 2021). Esto ha llevado a que este país sea uno de los 5 ríos más contaminados por plásticos en el mundo, específicamente el río Yangtsé. Esta situación se debe en gran medida al bajo costo de producción y a la rentabilidad en su comercialización para las empresas; ello demuestra falta de conciencia ambiental, ya que estos plásticos pueden tardar alrededor de 200 años en degradarse (Deutsche Welle, 2021).

Perú genera alrededor de 1.2 millones de toneladas de residuos plásticos anualmente, de las cuales un 10% llega a ser reciclado de forma adecuada (La República, 2023). Los departamentos con mayor generación de residuos son Lima y Callao, los cuales llegan a generar 886 toneladas de residuos plásticos al día, siendo esto el 46% del total a nivel nacional (MINAM, 2018).

A nivel regional, Ayacucho es destacado por su producción de palta, pero también enfrentan desafíos considerables en la gestión de residuos agrícolas. Las pepas de palta, que constituyen un subproducto importante de esta producción, son frecuentemente desechadas sin un aprovechamiento adecuado, lo que contribuye a la acumulación de residuos orgánicos y a la pérdida de un recurso con potencial económico (Correo, 2021).

El distrito de Luricocha, y en particular la comunidad de Chamana, produce grandes cantidades de palta de diversas variedades, como la americana, linda, careoca, fuerte y hass, siendo esta última la segunda más exportada (Correo, 2021). Sin embargo, estas comunidades enfrentan desafíos en la gestión de residuos y en la sostenibilidad económica.

La implementación de proyectos para la producción de bioplásticos en estas zonas podría tener un impacto positivo significativo. No solo contribuiría a la reducción de residuos orgánicos, sino que también abriría nuevas oportunidades económicas, como la creación de empleo y el fortalecimiento de la economía local, promoviendo un desarrollo más sostenible y equitativo en la región.

### **Formulación del problema de investigación**

“Plástico biodegradable a partir de rechazos de pepas de palta (*Persea americana*) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho”

### **Problema general**

- ❖ ¿Cómo se puede elaborar un plástico biodegradable a partir de rechazos de pepas de palta (*Persea americana*) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho?

## **Problema específico**

- ❖ ¿Cuál es la resistencia a la tracción del plástico biodegradable a partir de rechazos de pepas de palta (*Persea americana*) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho?
- ❖ ¿Qué fuerza de elongación presenta el plástico biodegradable a partir de rechazos de pepas de palta (*Persea americana*) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho?
- ❖ ¿Cuál es la tasa de biodegradabilidad del plástico biodegradable a partir de rechazos de pepas de palta (*Persea americana*) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho?

## **1.2 Objetivos de la investigación**

### ***1.2.1 Objetivo general***

- ❖ Elaborar un plástico biodegradable a partir de rechazos de pepas de palta (*Persea americana*) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho.

### ***1.2.2 Objetivos específicos***

- ❖ Determinar la resistencia a la tracción del plástico biodegradable a partir de rechazos de pepas de palta (*Persea americana*) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho.
- ❖ Cuantificar la fuerza de elongación del plástico biodegradable a partir de rechazos de pepas de palta (*Persea americana*) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho.

- ❖ Analizar la tasa de biodegradabilidad del plástico biodegradable a partir de rechazos de pepas de palta (*Persea americana*) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho.

### 1.3 Justificación

La presente investigación se justifica en los siguientes contextos:

- **Valor teórico:** La presente investigación busca generar conocimiento sobre la calidad del bioplástico producido a partir de los monómeros extraídos de la pepa de palta Hass rechazadas (Mongui y Quintero, 2021). Actualmente, en la región de Ayacucho, existe una limitada información en relación con este tipo de estudios. Asimismo, generar una sólida base de datos que servirá de recurso valioso para futuras investigaciones que busquen profundizar en este tema y, consecuentemente, mejorarlo.
- **Implicancia Práctica:** De acuerdo con la presente investigación, se pretende elaborar bioplásticos a base de la pepa de palta Hass rechazadas, un producto que poseerá una huella de carbono mínima tal y como lo señala Biofase (2012), una empresa mexicana que fabrica bioplásticos a base del mismo insumo; en ese panorama, en el ámbito local podría llegar a ser un sustituto de los plásticos comúnmente generados a base de petróleo y otros derivados.
- **Importancia social:** Perú ocupa el segundo lugar a nivel mundial en la producción y exportación de palta Hass (FromPerú, 2021), y Huanta se destaca como uno de los principales actores en este proceso, siendo incluso el líder en exportación de palta al mercado global (Correo, 2015). Sin embargo, tanto las familias locales que consumen palta como los agricultores que las producen, ignoran el potencial de las pepas y no la aprovechan, ya sea porque no conocen su utilidad o porque no cumplen los estándares para la exportación. Esta investigación busca aprovechar

este residuo ya que es un medio para la obtención de bioplásticos, aportando así a la valorización de un recurso natural y renovable.

- **Relevancia Ambiental:** De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2022), los plásticos derivados del petróleo llegan a ser producidos en mayores proporciones con el crecimiento demográfico, esto provoca una mayor generación de residuos plásticos, los cuales llegan a acumularse por largos periodos de tiempo; un referente de ello es la isla de plástico encontrado entre Perú y Chile, el cual duplica el tamaño de superficie de todo el país (MacArthur, 2016). En ese contexto, con la presente investigación se busca generar los bioplásticos a base de insumos como agua, glicerina, almidón obtenido de la pepa de palta Hass rechazada y ácido acético al 3%, lo cual facilitará su degradación y mejorará su manejo.
- **Conveniencia:** A base de un residuo, considerado como desecho, la pepa de la palta Hass rechazada llegará a tener un valor más significativo, lo cual también incentivará a las personas (consumidoras y productoras) en poder dar utilidad a este residuo.

## 1.4 Hipótesis de la investigación

### 1.4.1 Hipótesis general

- Los rechazos de pepas de palta (*Persea americana*) variedad Hass pueden ser utilizados para producir un bioplástico con características óptimas.

### 1.4.2 Hipótesis específicas

- No hay diferencias significativas en la resistencia a la tracción del plástico biodegradable elaborado a partir de rechazos de pepas de palta (*Persea americana*) variedad Hass.

- No hay diferencias significativas en la fuerza de elongación del plástico biodegradable elaborado a partir de rechazos de pepas de palta (*Persea americana*) variedad Hass.
- No hay diferencias significativas en la tasa de biodegradabilidad del plástico biodegradable elaborado a partir de rechazos de pepas de palta (*Persea americana*) variedad Hass.

## 1.5 Variables

- ❖ **Variables Independientes:** Rechazos de pepas de palta (*Persea americana*) variedad Hass
- ❖ **Variable dependiente:** Plástico biodegradable

**Tabla 1:**

*Matriz de operacionalización de las variables.*

| VARIABLES   | DEFINICIÓN CONCEPTUAL   | DEFINICIÓN OPERACIONAL  | DIMENSIONES              | INDICADORES                  | UNIDAD DE MEDIDA | ESCALA DE MEDICIÓN | INSTRUMENTO   |         |
|---|---|---|--------------------------|------------------------------|------------------|--------------------|---|---------|
| <b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b><br><br><b>Rechazos de pepas de palta (<i>Persea americana</i>) variedad Hass</b> | La pepa de palta es el núcleo de la fruta de la palta ( <i>Persea americana</i> ). Se caracteriza por contener almidón de la pepa de palta, un polisacárido de interés en diversas aplicaciones científicas e industriales. El almidón de la pepa de palta se extrae y se utiliza en la producción de materiales biodegradables como bioplásticos y recubrimientos comestibles. (de Dios-Avila et al., 2022). | La evaluación de los rechazos de pepas de palta Hass comprende el análisis de sus características físicas mediante métodos gravimétricos, sus propiedades químicas a través de pruebas de laboratorio estandarizadas, y las condiciones de procesamiento controladas durante su transformación en material biodegradable. | Características físicas  | Tamaño                       | cm               | Razón              | Cuchillo, licuadora, agitador térmico, mortero y pilón, agitador térmico, horno, termómetro digital, espectrofotómetro, cronómetro. |         |
|   |   |   |                          | Peso                         | Kg y g           |                    |   |         |
|   |   |   |                          | Humedad                      | % Humedad        |                    |   |         |
|   |   |   | Características químicas | pH                           | pH               |                    |   |         |
|   |   |   |                          | Condiciones de procesamiento | Temperatura      |                    |   | °C      |
|   |   |   |                          |                              | Tiempo           |                    |   | minutos |
|   |   |   | Peso                     |                              | ml y g           |                    |   |         |

|   |  |   |                            |                           |       |   |
|---|--|---|----------------------------|---------------------------|-------|---|
| <b>VARIABLE<br/>DEPENDIENTE:</b><br><br><b>Plástico<br/>biodegradable</b> | Según Andrade et al. (2019), el plástico biodegradable es un polímero derivado de fuentes renovables, como almidones de plantas o polímeros microbianos. Combina propiedades mecánicas comparables a los plásticos convencionales con biodegradación, reduciendo su impacto ambiental. | La caracterización del plástico biodegradable implica la medición de sus propiedades mecánicas mediante ensayos estandarizados de tracción y elongación, así como la evaluación de su capacidad de biodegradación a través de pruebas en condiciones controladas de compostaje. | Propiedades<br>mecánicas   | Resistencia a la tracción | MPa   | Razón<br><br>Vasos precipitados, agitador térmico, placas de vidrio, estufa, cronómetro y desecador |
|   |  |   |                            | Fuerza de elongación      | %     |   |
|   |  |   | Biodegradación<br>aeróbica | Pérdida de peso           | %     |   |
|   |  |   |                            | Tiempo de degradación     | Días  |   |
|   |  |   |                            | Tasa de biodegradabilidad | g/día |   |

Fuente: Elaboración propia

## II MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes

#### 2.1.1 Internacionales

Zalfiatri et al. (2024) realizó un artículo titulado “Characterization of biodegradable plastic from jackfruit seed residues with cellulose intervention from rice straw”, el cual estuvo centrado en la caracterización de polímeros biodegradables a partir de residuos de semillas de jackfruit, con el propósito de establecer la proporción ideal de almidón de jackfruit y celulosa de paja de arroz para optimizar las propiedades físicas y mecánicas del plástico biodegradable. La investigación se llevó a cabo utilizando un enfoque experimental con un diseño completamente aleatorizado, que incluía cinco tratamientos con proporciones variadas de almidón y celulosa (PS1 a PS5) y tres repeticiones, lo que resultó en un total de 15 unidades experimentales. Para el análisis de los datos se utilizó el análisis de la varianza (ANOVA), complementado con la prueba de rangos múltiples de Duncan (DMRT) al nivel del 5%. Los resultados indicaron que la adición de celulosa de paja de arroz tuvo un efecto sustancial sobre la tasa de absorción de agua, la tasa de transferencia de vapor de agua, la resistencia a la tracción, el alargamiento y la biodegradación del plástico producido. En conclusión, la proporción 1:0,7 de almidón y celulosa (tratamiento PS5) dio lugar a un plástico biodegradable con características óptimas, como una tasa de absorción de agua del 34,82%, una tasa de transferencia de vapor de agua de 19,12 g/m<sup>2</sup>hora, una resistencia a la tracción de 20,21 MPa, una elongación del 5,33% y una biodegradación en 6 días.

Liu et al. (2024), en su artículo titulado: “Production of biodegradable plastic with enzyme intervention and anaerobic behavior based on food waste ” el cual tuvo como objetivo desarrollar un plástico biodegradable modificado (PLA/PBAT) mediante enlaces covalentes con enzimas y evaluar su rendimiento en la codigestión anaeróbica con residuos alimentarios. La investigación siguió un enfoque cuantitativo, con alcance explicativo y diseño experimental, empleando tres tipos de enzimas: proteinasa K, lipasa pancreática porcina y amilasa como muestras de estudio. La recolección de datos se realizó mediante microscopía de fluorescencia para validar la estabilidad enzimática y mediciones de producción de metano. Los resultados revelaron que la degradación del plástico modificado con Proteinasa K aumentó significativamente de  $5.21 \pm 0.63\%$  a  $29.70 \pm 1.86\%$  en 30 días, con un incremento en la producción acumulada de metano de  $240.9 \pm 0.5$  a  $265.4 \pm 1.8$  mL/gVS. Se concluyó que el plástico modificado no solo logró una degradación efectiva sino que también mejoró el proceso de codigestión anaeróbica, posiblemente debido a la mayor actividad de Bacteroidota y Thermotogota.

Joseph et al. (2024), en su artículo titulado “Biodegradable plastics made from mango seed starch to be used in the food packaging process”, se propusieron preparar y analizar bioplásticos a base de almidón con diversas cargas (carboximetilcelulosa, quitosano y nanoquitosano), plastificante sorbitol y agente reticulante ácido cítrico. El estudio utilizó un método cuantitativo, con alcance explicativo y diseño experimental, empleando como muestras diversos niveles de carga de los componentes. La recopilación de datos se llevó a cabo mediante análisis FTIR, pruebas de resistencia al agua, permeabilidad al vapor de agua,

solubilidad, propiedades mecánicas, antibacterianas y de biodegradación. Los resultados revelaron una reducción de hasta el 70% en la absorción de agua con un 20% de ácido cítrico en bioplásticos con CMC, y una baja permeabilidad al vapor de agua en el rango de  $2,16 \times 10^{-7}$ - $6,29 \times 10^{-7}$  gday<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup> Pa<sup>-1</sup>. Se comprobó que estos bioplásticos constituyen una opción atractiva a los plásticos no biodegradables en el envasado de alimentos debido a su mayor resistencia al agua, características antibacterianas y biodegradabilidad.

Dodino-Duarte et al. (2024), en su artículo titulado “Development of biodegradable plastic films based on cassava starch”, se proyectó a fabricar películas plásticas biodegradables a partir de almidón de mandioca. La investigación adoptó una técnica cuantitativa, con alcance explicativo y diseño experimental, empleando muestras con cantidades variables de almidón de mandioca (pulpa o comercial) al 4% p/v y glicerol al 30% p/p, con variaciones en los porcentajes de quitosano. Los datos se obtuvieron mediante estudios de laboratorio que examinaron la adsorción de humedad, la solubilidad y la biodegradabilidad. Los resultados indicaron la viabilidad de crear bioplásticos mediante el proceso de colada, y se determinó que el uso de almidón comercial favorece considerablemente la adsorción de humedad, la solubilidad y la biodegradabilidad en comparación con el almidón extraído manualmente de la yuca.

Mongui Torres y Quintero Calderón (2021) realizaron una investigación titulada “Generación de bioplástico a base del almidón producido por la semilla del aguacate”. El estudio tuvo como objetivo fabricar bioplástico a partir del almidón

derivado de las semillas de los cultivares de aguacate (*Persea americana*) «Fuerte», «Lorena» y «Criolla». La metodología fue cuantitativa, de alcance descriptivo, y el diseño experimental. La muestra estuvo constituida por semillas de aguacate de varios tipos, procesadas por el método húmedo para extraer el almidón, confirmado con el reactivo de Lugol. Posteriormente, se empleó la técnica de extrusión horizontal de filamentos para producir el termoplástico, en colaboración con los laboratorios de la Universidad ECCI. Para la recopilación de datos se realizaron estudios teóricos sobre las materias primas y se evaluó el impacto medioambiental de los plásticos convencionales. La extracción del almidón de las semillas de aguacate resultó ser del 2%, y la producción de termoplástico mediante el método esbozado ofrece una alternativa viable al plástico tradicional, utilizando una materia prima de bajo coste. Este estudio demuestra que el almidón de la semilla de aguacate sirve como alternativa sostenible y rentable para la fabricación de polímeros termoplásticos.

Higuera Sarmiento et al., (2021) llevaron a cabo la investigación titulada: “Bioplásticos a partir de la semilla de aguacate”, el cual tuvo como objetivo producir una alternativa a las bolsas de plástico de polietileno de baja densidad (LDPE) mediante la fabricación de bolsas biodegradables utilizando almidón derivado de las semillas de aguacate. La técnica fue cuantitativa, con un alcance comparativo y un diseño experimental. La muestra abarcaba múltiples fuentes de almidón, que se sometieron a un análisis comparativo para evaluar su viabilidad en la fabricación de biopolímeros. Se utilizaron simulaciones como método de recopilación de datos para anticipar las propiedades mecánicas del bioplástico

generado. Los resultados demostraron que el almidón de semilla de aguacate proporciona excelentes cualidades para su uso en la síntesis de bioplásticos, lo que permitió escalar el proceso a nivel industrial. En conclusión, el estudio indicó que el bioplástico creado es una opción viable para competir en el mercado de las bolsas biodegradables, ofreciendo una respuesta más respetuosa con el medio ambiente.

Montañez (2022) realizó un trabajo de investigación titulado “Producción de bioplástico a partir de almidón de semilla de aguacate (*persea spp.*) reforzado con material Lignocelulósico” el cual tuvo como objetivo central el de obtener de bioplásticos biobasados, biodegradables y compostables a partir de las semillas de aguacate obtenidas de los residuos de la industria guacamolera. Para lograr este propósito, se llevó a cabo la polimerización utilizando agua como agente principal, con el uso de glicerina como plastificante, ácido acético como modificador químico, además de la incorporación de insumos de refuerzo, como la fibra de agave cupreata y la harina de semilla de aguacate. El resultado final se sometió a pruebas de resistencia a la tracción y módulo de Young, así como al análisis de porcentaje de solubilidad y absorción de agua. La composición del bioplástico resultante fue de un 40% de almidón, un 30% de agente plastificante, un 10% de agente químico (ácido acético) y un 20% de insumo de refuerzo. En conclusión, el autor argumenta que el bioplástico reforzado con harina de semilla de aguacate presenta propiedades mecánicas superiores en términos de degradación, solubilidad y absorción.

Fathurohman et al., (2020) ejecutaron la investigación "The Effect of Addition of Avocado Fruit Seeds On Bioplastic Biodegradation"; el objetivo principal fue evaluar la influencia de la adición de la semilla de aguacate en la

biodegradabilidad de los bioplásticos mediante la evaluación de la pérdida de peso en medios edáficos. La investigación siguió un enfoque experimental, con un alcance explicativo y un diseño empírico, centrado en la generación de almidón de semilla de aguacate, la fabricación de bioplásticos, el análisis de grupos funcionales mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) y las pruebas de biodegradación en el suelo. La muestra incluye bioplásticos con concentraciones variadas de almidón de semilla de aguacate, entre 0 y 1,4 gramos. Se utilizó el análisis FTIR como método para evaluar los grupos funcionales de los bioplásticos. Los resultados totales mostraron que los bioplásticos se descompusieron en un 76% tras 12 días en contacto con el suelo, lo que demuestra que los bioplásticos son altamente biodegradables. En conclusión, el estudio reveló que la inclusión de almidón de semilla de aguacate aumenta considerablemente la biodegradabilidad de los bioplásticos, situándolos como una alternativa sostenible a los plásticos tradicionales.

### **2.1.2 Nacionales**

Cabrejos et al. (2024) realizaron una investigación titulada "Caracterización de las propiedades mecánicas del bioplástico de almidón de plátano (*Musa paradisiaca L.*) y compuestos celulósicos de café (*Coffea arabica L.*)". Este estudio se centra en la caracterización de las propiedades mecánicas del bioplástico obtenido a partir de almidón de plátano y celulosa de la cascarilla de café, utilizando concentraciones de almidón del 9%, 12% y 15%, así como de celulosa del 2%, 4% y 6%, mezcladas con glicerina, ácido acético, cloruro de calcio y agua destilada. Los resultados mostraron que la formulación F9 (15% de almidón y 6% de celulosa)

presentó la mayor resistencia a la tracción, alcanzando 2.23 N, mientras que la formulación F1 (9% de almidón y 2% de celulosa) tuvo la menor resistencia, con 0.17 N. La formulación F7 (15% de almidón y 2% de celulosa) mostró la mayor elongación (10.3 cm) y flexión (13.3 cm), mientras que la F3 (9% de almidón y 6% de celulosa) presentó la menor elongación (3.33 cm) y flexión (9.33 cm). Se concluyó que el aumento en la concentración de almidón mejora las propiedades mecánicas, mientras que la celulosa solo incrementa la tracción, afectando negativamente la elongación.

Cuyubamba y Quispe llevaron a cabo una investigación titulada "Efecto de los plastificantes sobre la biodegradabilidad y propiedades mecánicas del bioplástico a partir de almidón de cáscara de *Musa sp.*", con el objetivo de analizar cómo los plastificantes afectan la biodegradabilidad y las propiedades mecánicas del bioplástico hecho de almidón de cáscara de plátano, utilizando glicerina y alcohol polivinílico (PVA) como aditivos. El estudio se estructuró en tres fases: en la primera, se extrajo el almidón mediante un procedimiento húmedo que incluía la trituración y filtración de la cáscara; en la segunda, se produjeron películas de almidón termoplástico mediante la hidrólisis química y la incorporación de diferentes dosis de plastificantes, las cuales fueron analizadas en el laboratorio Labicer (UNI) para determinar su resistencia a la tracción y elongación, conforme a la norma ASTM 882; finalmente, en la tercera fase, se evaluó la biodegradabilidad sometiendo las películas a un compostaje acelerado con proteínas que favorecían el crecimiento bacteriano. Los hallazgos indicaron que de 20 kg de cáscara de *Musa sp* se lograron 800 g de almidón y se desarrollaron siete bioplásticos con diversas

combinaciones de plastificantes. El tratamiento con 2.5 g de glicerina y 2.5 g de PVA mostró las mejores propiedades mecánicas, alcanzando una resistencia a la tracción de 1.143 MPa y un 19.65% de elongación, así como una biodegradabilidad del 31.62% a los 42 días. Se concluyó que tanto la cantidad como el tipo de plastificante tenían un impacto significativo en las propiedades mecánicas y la biodegradabilidad del bioplástico.

Espinoza y Oscco realizaron un estudio sobre la influencia de los plastificantes, específicamente glicerina y melamina, en la biodegradabilidad y las propiedades mecánicas del bioplástico obtenido del almidón de semilla de *Persea americana Mill.* ("Palta"). La investigación incluyó la extracción del almidón mediante un proceso húmedo, la creación de una suspensión que se enfrió y precipitó, y la evaluación del biopolímero resultante. Los hallazgos indicaron que las propiedades mecánicas variaron entre 8.71 y 70.73 kg/cm<sup>2</sup> según las concentraciones de los plastificantes, y se logró una biodegradabilidad máxima del 85.38% al utilizar una mezcla de 2.38% de glicerina y 6% de melamina.

Las conclusiones resaltaron que la concentración óptima para alcanzar la máxima elongación fue de 3% de glicerina y 9% de melamina, y que la glicerina tuvo un efecto más significativo en la biodegradabilidad en comparación con la melamina. Se determinó que los parámetros óptimos eran 4.5% de glicerina y 6% de melamina, lo que resultó en una elongación de 36.71 kg/cm<sup>2</sup> y una biodegradabilidad del 81.58%. Los resultados indican que no hay una muestra única que cumpla con todas las especificaciones, ya que la concentración de los

plastificantes influye notablemente en las características del bioplástico, por lo que se sugiere utilizar los parámetros optimizados para futuras aplicaciones.

Flores (2009) realizó un estudio titulado "Elaboración de materiales biodegradables a partir de sacarosa", en el que se centró en analizar la biodegradación a través de procesos aeróbicos y una revisión profunda de la literatura existente. Se constató que, aunque hay información sobre la síntesis de monómeros de sacarosa en formas epóxicas, acrílicas, vinílicas y alílicas, hay una notable falta de datos sobre el procesamiento de estos monómeros para desarrollar plásticos basados en sacarosa. Para que los polímeros biodegradables puedan sustituir a los sintéticos, es crucial que mantengan características estructurales y funcionales comparables durante su uso y sean capaces de degradarse al final de su ciclo de vida. Hasta la fecha, las propiedades de los biopolímeros no han alcanzado el mismo nivel que las de los sintéticos, lo que indica la necesidad de combinarlos para reducir los costos de producción. Asimismo, se mencionó el potencial de los poliuretanos (PU) en este contexto, ya que varios estudios han explorado el uso de sacarosa como polirol para crear espumas. Se identificaron diferentes técnicas para fabricar películas biodegradables, como el tratamiento corona y la aplicación de soluciones de sacarosa para promover el crecimiento de microorganismos. No obstante, se destacó que, aunque elevar la temperatura puede acelerar el proceso de biodegradación, si la temperatura ambiental supera el límite óptimo para el crecimiento microbiano, puede llevar a la desnaturalización de enzimas y proteínas, lo que ocasiona una disminución significativa en el grado de degradación.

En la investigación llevada a cabo por Granda y Contreras (2019) titulada: “Estudio de la resistencia a la tracción y deformación de bioplásticos obtenidos a partir de almidón de *Solanum Tuberosum* a diferentes porcentajes de plastificante”, se exploró el uso de almidón extraído del tubérculo de papa como un material prometedor para la producción de películas biodegradables que podrían reemplazar los empaques tradicionales, gracias a su bajo costo y alta disponibilidad. Sin embargo, se identificaron diversas limitaciones en las películas hechas exclusivamente de almidón, tales como propiedades mecánicas insuficientes, alta permeabilidad al vapor de agua, rigidez excesiva y fragilidad. Para abordar estas desventajas, se propuso combinar el almidón con sustancias como HCl y NaOH y utilizar glicerina como plastificante, evaluando así la resistencia mecánica y la deformación en tracción en función de diferentes porcentajes de glicerina (3, 5, 8, 10 y 12%). El bioplástico se secó a 45 °C durante 24 horas y se fabricaron 25 probetas rectangulares de acuerdo con la norma ASTM D882. Se realizaron ensayos de tracción y análisis térmicos utilizando un texturómetro y técnicas de DSC y TG. Los resultados mostraron que la resistencia máxima a la tracción del bioplástico fue de 2.57 MPa con un 3% de glicerina y 0.17 MPa con un 12%, mientras que las deformaciones alcanzadas fueron del 44.76% y 13.37%, respectivamente. Con un nivel de significancia del 5%, se determinó que el valor experimental de 189.58 para la resistencia a la tracción superó el valor tabulado de 2.87, lo que llevó al rechazo de la hipótesis nula y confirmó que el incremento en el porcentaje de glicerina tiene un impacto negativo en la resistencia y deformación de los bioplásticos elaborados con almidón de papa.

En la investigación titulada "Aprovechamiento de subproductos de la industria agroalimentaria. Un acercamiento a la economía circular", realizada por Preciado et al. (2022), se analiza la relevancia de la industria alimentaria en la economía y su impacto ambiental debido a la generación de grandes volúmenes de residuos. Estos residuos agroindustriales contienen compuestos bioactivos, como fibra dietaria, antioxidantes, vitaminas y minerales, que poseen un alto potencial nutritivo y farmacológico. La investigación destaca la importancia de recuperar estos compuestos para convertirlos en subproductos valiosos, lo que también promueve modelos de producción sustentable. En este contexto, se han propuesto enfoques que fomentan la economía circular, un modelo orientado a proteger el medio ambiente, prevenir la contaminación y generar prosperidad económica a través de prácticas sostenibles en el sector agroalimentario. El estudio subraya que el enfoque lineal actual en la industria alimentaria no es sostenible, haciendo del modelo de economía circular (EC) una alternativa viable. La adopción de este modelo por parte de la industria y los gobiernos es fundamental para garantizar la seguridad alimentaria mediante un suministro sostenible de alimentos de calidad y la reducción de residuos, lo que también beneficia al medio ambiente. La investigación muestra que es posible integrar subproductos de frutas como mango, uva y piña en la cadena de valor, generando alimentos enriquecidos con propiedades mejoradas y calidad sensorial aceptable. No obstante, persisten desafíos significativos para la plena adopción del modelo de EC en la industria alimentaria. Por ello, es esencial informar y sensibilizar a los actores de la cadena de valor alimentaria sobre las ventajas de implementar la economía circular, promoviendo

prácticas laborales que minimicen el desperdicio y aseguren la sostenibilidad del sistema agroalimentario en México y Latinoamérica.

En la investigación titulada "Obtención de bioplástico a partir de almidón de maíz (*Zea mays* L.)", realizada por Riera (2020), se aborda el problema ambiental que representa el plástico, a pesar de su amplia utilidad. La acumulación de plástico, especialmente en ecosistemas marinos, y su prolongado tiempo de degradación han impulsado la búsqueda de materiales alternativos, como los bioplásticos, que utilizan recursos renovables como el almidón. Este trabajo se enmarca en un proyecto de la asignatura Balance de Masa, donde se extrajo almidón de granos de maíz para combinarlo con glicerina y ácido acético en la fabricación de una lámina de bioplástico. Los resultados obtenidos del proceso mostraron un rendimiento del 5.72%, que fue inferior al de otros estudios previos. Sin embargo, el bioplástico fabricado alcanzó un porcentaje de degradación del 89.40% durante un periodo de 42 días de experimentación, un resultado notable considerando los estándares establecidos por normativas internacionales para este tipo de materiales. Esto sugiere que, a pesar de los desafíos en el rendimiento, el bioplástico desarrollado tiene un potencial significativo para contribuir a la reducción del impacto ambiental asociado con los plásticos convencionales.

En el estudio titulado "Revisión sistemática: Análisis de las propiedades de los bioplásticos a base de almidón", llevado a cabo por Rivera y Vilchez (2020), se investiga el potencial de los bioplásticos producidos a partir de recursos renovables, como el almidón, como una alternativa biodegradable al plástico convencional derivado del petróleo. El propósito de esta investigación fue evaluar las propiedades

mecánicas, morfológicas y térmicas de los bioplásticos más utilizados que contienen almidón, con el objetivo de identificar cuál de ellos presenta las características más favorables. Los resultados obtenidos indicaron que el bioplástico compuesto con nanofibra de celulosa (CNF) mostró un alargamiento de rotura del 62.37%, mientras que el bioplástico elaborado a partir de almidón de papa alcanzó una resistencia a la tracción de 80 MPa. En términos de propiedades morfológicas, el análisis por FTIR reveló que el bioplástico de almidón de papa con TiO<sub>2</sub> presenta una banda ancha a 3435 cm<sup>-1</sup>, que corresponde al estiramiento OH. Además, el análisis SEM evidenció que los bioplásticos derivados de yuca y papa poseen una estructura uniforme, suave y sin grietas. Por último, el análisis termogravimétrico (TGA) del bioplástico elaborado con almidón de yuca, glicerol y CNF como aditivo mostró una temperatura de descomposición de 500 °C. Los autores proponen la realización de estudios comparativos entre bioplásticos a base de almidón y glicerol con aquellos que incorporan aditivos, así como investigar las propiedades mecánicas, morfológicas y térmicas de bioplásticos a base de almidón utilizando plastificantes menos comunes, como timol, ácido acético y agua.

El estudio El estudio titulado “Efecto del almidón de residuos de *Manihot esculenta*, *Musa paradisiaca* y concentración de aditivos naturales en la producción de bioplástico”, desarrollado por Robles y Zárata (2020), evaluó el rendimiento y las propiedades de bioplásticos obtenidos a partir de residuos orgánicos del Mercado Zonal Palermo. Se emplearon 4 kg de cada residuo, obteniendo 58.02 g/kg de bioplástico a partir de *Manihot esculenta* y 20.58 g/kg de *Musa paradisiaca*, siendo el primero más eficiente y ambientalmente sostenible según el E-Factor. Los

ensayos revelaron que el tratamiento Y(C2) alcanzó una resistencia a la tracción de 20.27 MPa y el Y(C1) una elongación de 28.37 %. En cuanto a la humedad, el ensayo P(C1) presentó un 10 %, cumpliendo con la norma ASTM D882. Las películas lograron una biodegradación del 77.6 % en seis semanas, de acuerdo con la NTE INEN 2644:2013, sin afectar significativamente el pH ni la conductividad del agua del río Moche, conforme al D.S. N.º 004-2017-MINAM. En conclusión, el almidón de *Manihot esculenta* mostró mayor eficiencia y compatibilidad ambiental. Las películas elaboradas con aditivos en proporciones 5ml-5ml y 7ml-3ml (ácido acético-glicerol) presentaron mejores propiedades físico-mecánicas y biodegradabilidad, sin generar impactos negativos en el entorno.

Machaca (2022) en su tesis "Obtención de bioplásticos a partir de almidón de la semilla de palta (*Persea americana*) variedad Hass y determinación de la biodegradabilidad"; tuvo como objetivo principal la extracción de almidón de la semilla de aguacate (*Persea americana*) variedad Hass, y la evaluación del efecto de cantidades variables de ácido acético y glicerina sobre las propiedades mecánicas del bioplástico, así como su biodegradabilidad. La técnica fue cuantitativa, de alcance experimental. La muestra estaba compuesta por nueve variedades de bioplásticos fabricados por moldeo con cambios en las concentraciones de ácido acético (3, 5 y 7 mL) y glicerina (5, 10 y 15 mL). Para la recogida de datos, se utilizó la norma ASTM D882 para investigar las propiedades mecánicas de tracción y elongación, mientras que para evaluar la biodegradabilidad se utilizó la norma ISO 17556:2003. Los resultados indicaron un rendimiento del 14,62% en la extracción de almidón, con un contenido de amilosa del 38,67% y de amilopectina del 61,33%.

La combinación de 7 mL de ácido acético y 5 mL de glicerina produjo las mejores cualidades mecánicas, con una resistencia a la tracción de 2,82 MPa y un alargamiento del 12,89%. Además, el bioplástico con estas características demostró una biodegradación del 33,47% en 90 días. En conclusión, el almidón de la semilla de aguacate Hass tiene potencial para ser empleado en la producción de bioplásticos, ofreciendo una opción de valor añadido.

Espinoza y Oscco (2021), en su investigación "Efecto de la glicerina y melamina sobre las propiedades fisico-mecánicas del bioplástico de almidón en semilla de *Persea americana* mill palta"; tuvo como objetivo elaborar bioplásticos a partir de la semilla de la palta, utilizando aditivos de melamina y glicerina. La metodología empleada fue experimental, comenzando con el corte y la limpieza de la semilla en láminas delgadas, que luego se secaron en una estufa. Estas láminas se mezclaron con glicerina y melamina, y se les sometió a procesos de enfriamiento y humectación. En conclusión, los autores han observado que las concentraciones máximas de elongación se alcanzaron con un 3% de glicerina y un 9% de melamina, mientras que las concentraciones mínimas fueron de 6% y 9% respectivamente. Estos resultados tienen un nivel de confiabilidad del 95%.

### **2.1.3 Locales**

En la región de Ayacucho no existen trabajos de investigación acerca de la elaboración de bioplásticos a base de la pepa de la palta (*Persea americana*) variedad Hass.

## 2.2 Bases teóricas

### 2.2.1 Ley de Hooke

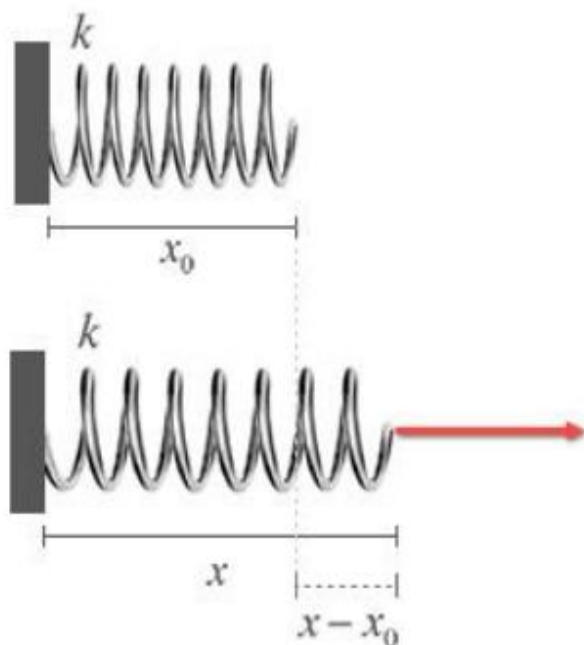
La ley de Hooke fue formulada en el año 1660 por el científico británico Robert Hooke, quien fue un pionero en la formulación del comportamiento elástico de los sólidos. Esta ley establece que el desplazamiento o la deformación que sufre un cuerpo sometido a una fuerza es directamente proporcional a la fuerza deformante o carga (Gama y Ocampo, 2016). En otras palabras, a mayor fuerza, mayor deformación o desplazamiento.

La ecuación que representa la Ley de Hooke es  $F = -k\Delta L$ . En esta ecuación,  $F$  representa la fuerza aplicada,  $\Delta L$  es el cambio en la longitud del objeto, ya sea por compresión o extensión, y  $k$  es una constante conocida como la constante del resorte (Cervera & Blanco, 2015). Para calcular  $\Delta L$ , es necesario conocer la longitud inicial y final del objeto.

En realidad, los cuerpos sólidos no pueden considerarse perfectamente elásticos o inelásticos. En muchos casos, cuando las fuerzas aplicadas no superan los estándares comúnmente establecidos, las deformaciones son muy pequeñas, lo que lleva a entender que lo que aparentemente es inelástico puede llegar a comportarse de manera elástica (Cervera & Blanco, 2015).

**Figura 1:**

*Conducta elástica de un cuerpo sólido.*



Fuente: Castaño & Otálvaro (2017)

## 2.3 Definiciones de términos

### 2.3.1 *Palta Hass (Persea americana "Hass")*

La Palta Hass es una variedad del aguacate (*Persea americana*) que se distingue por sus características únicas tanto en términos de cultivo como de calidad de fruto. Según C. E. Smith en su libro "Avocado: Botany, Production and Uses" (2014). Esta variedad es adaptativa y se cultiva en climas subtropicales y tropicales. Requiere condiciones específicas de temperatura y manejo del agua para asegurar una producción óptima. La variedad Hass es conocida por su alta productividad y resistencia a enfermedades comunes del aguacate (Smith, 2014).

### **2.3.2 Rechazos orgánicos**

Los rechazos orgánicos son materiales de origen biológico, como restos de comida, plantas, animales, residuos agroindustriales o entre otros, que son biodegradables y, por lo tanto, se descomponen naturalmente y de forma rápida (UNA, 2015). Sin embargo, su valor trasciende su capacidad de descomposición, ya que pueden valorizarse, y ser usados como materia prima para fabricar nuevos productos con carácter económico y sostenible (VOLTA, 2024).

### **2.3.3 Descomposición Orgánica**

Se define como el proceso mediante el cual los materiales orgánicos complejos, tales como restos de plantas, animales y otros compuestos biológicos, se desintegran y se transforman en sustancias más simples, a menudo con la ayuda de microorganismos. Según A. J. N. Bosshard en su obra "Soil Microbiology, Ecology, and Biochemistry" (2005).

### **2.3.4 Almidón**

Es un polisacárido complejo que sirve como una de las principales formas de almacenamiento de energía en las plantas. De acuerdo con R. L. Whistler y J. N. BeMiller en su libro "Starch: Chemistry and Technology" (2009). En las plantas, el almidón actúa como una forma eficiente de almacenar glucosa, que puede ser convertida en energía cuando es necesario. Se acumula principalmente en los tubérculos, granos y raíces (Whistler & BeMiller, 2009). Químicamente está constituido por una serie de moléculas de glucosa unidas entre sí mediante enlaces

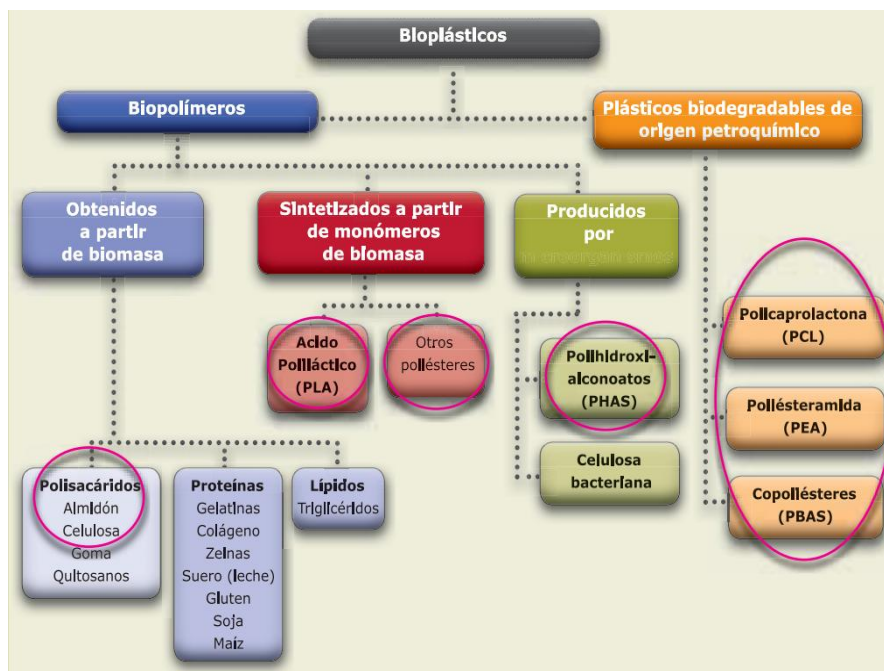
covalentes (Mendoza et al., 2017). Los dos tipos estructurales de moléculas de almidón son las moléculas de amilosa y amilopectin, constituyendo cerca del 20% y 80% respectivamente del total (Tofiño et al., 2006).

### **2.3.5 Bioplásticos**

Los bioplásticos, también conocidos como plásticos de origen biológico, se caracterizan por estar fabricados a partir de materiales orgánicos en lugar de petróleo, lo que les otorga la propiedad de ser biodegradables (Ecologíaverde, 2018). Destacan por sus numerosas ventajas en comparación a los plásticos comúnmente usados derivados del petróleo. En primer lugar, su balance de emisiones de dióxido de carbono es prácticamente neutro, ya que liberan solo la cantidad de CO<sub>2</sub> que previamente absorbieron durante su crecimiento, lo que conlleva una reducción considerable en la huella de carbono (CitizenSustainable, 2018). Además, su proceso de fabricación implica un menor consumo energético y no se basa en el agotamiento de recursos no renovables (ABENGOA, 2015).

#### **2.3.5.1 Clasificación de los bioplásticos.**

Según REMAR (2011), la metodología de clasificación "estricta" de los bioplásticos se enfoca exclusivamente en su origen, que puede derivar tanto de fuentes fósiles como de materias primas naturales, como se ilustra en la Figura 2.

**Figura 2:***Clasificación de los bioplásticos.*

Fuente: REMAR (2017)

### 2.3.6 Ácido acético

El ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) es un ácido orgánico débil que se encuentra en estado líquido a temperatura ambiente y es conocido por su uso en una variedad de aplicaciones industriales y biológicas. El ácido acético se utiliza en la producción de acetato de etilo, acetato de vinilo, y en la síntesis de productos químicos como ácido tereftálico. Además, es un componente clave del vinagre, que contiene aproximadamente un 4-8% de ácido acético, y se usa en la preservación y condimentación de alimentos (Wiberg, 2001).

### **2.3.7 Glicerina**

La glicerina (o glicerol) es un alcohol trihidroxílico ( $C_3H_8O_3$ ) que se encuentra en estado líquido a temperatura ambiente. Es un compuesto versátil y esencial en diversas aplicaciones industriales, farmacéuticas y biológicas debido a sus propiedades químicas únicas. La glicerina tiene la fórmula molecular  $C_3H_8O_3$  y presenta tres grupos hidroxilo (-OH) en su estructura, lo que le confiere sus propiedades como alcohol. Su fórmula estructural es  $CH_2OH-CHOH-CH_2OH$  (Glynn & Kerekes, 2003).

### **2.3.8 Plastificante**

Un plastificante es una sustancia química que se agrega a materiales plásticos o elastómeros para aumentar su flexibilidad y facilitar su transformación (Contyquim, 2019). Estos aditivos son esenciales para modificar las propiedades físicas de los productos poliméricos, permitiendo que los plásticos sean más flexibles, resistentes y fáciles de manejar (GreenFacts, s.f.).

### **2.3.9 Biodegradabilidad**

La biodegradabilidad es la capacidad que tienen las sustancias y materiales orgánicos de descomponerse en sustancias más simples debido a la actividad enzimática de microorganismos como bacterias, hongos y virus (Food Pac Service, 2023). Este proceso natural permite que los materiales se transformen en moléculas inorgánicas simples como agua, dióxido de carbono y metano, integrándose en los ciclos naturales (Mater-Bi, 2024).

### ***2.3.10 Extracción de almidón***

La extracción de almidón es un proceso que implica la separación del almidón de otros componentes de plantas como la yuca, el maíz, el plátano u otros tipos de materia (Calaméo, 2018). Este proceso puede realizarse mediante métodos secos o húmedos, siendo el método húmedo el más común para liberar los gránulos de almidón (Cobana & Antezona, 2007). En el caso de la semilla de la palta, la extracción del almidón implica etapas como trituración, filtración y secado para obtener un producto de buena calidad (Machaca, 2022).

### ***2.3.11 Propiedades mecánicas***

Las propiedades mecánicas de los materiales se refieren a la capacidad para resistir y transmitir fuerzas o deformaciones, lo que es crucial para predecir su comportamiento en diversas situaciones (Infinitia Research, 2024). Estas propiedades incluyen características como elasticidad, resistencia y demás, que varían según el tipo de material y su estructura molecular (U-Cursos, 2011). La determinación de estas propiedades se realiza mediante ensayos mecánicos, que pueden ser destructivos o no destructivos, y son fundamentales para la elección del material adecuado en aplicaciones industriales (AIMPLAS, 2024).

### III METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y nivel de investigación

##### 3.1.1 Tipo de investigación

La investigación titulada “Plástico biodegradable a partir de rechazos de pepas de palta (*Persea americana*) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho” es de tipo aplicada según la finalidad del conocimiento, debido a su objetivo principal de resolver un problema práctico y específico. La finalidad de este tipo de investigación es generar conocimientos que puedan ser utilizados directamente para mejorar procesos o productos existentes, en este caso, la producción de bioplásticos a partir de pepas rechazadas de palta Hass. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), la investigación aplicada se caracteriza por su orientación hacia la solución de problemas concretos y la generación de conocimientos con una utilidad práctica inmediata (p. 5).

Asimismo, de acuerdo con la intervención del investigador es de tipo experimental porque implica la manipulación controlada de variables para observar y medir sus efectos en el proceso de producción de bioplásticos. En este contexto, el investigador manipula variables como la cantidad de almidón extraído, los niveles de ácido acético y glicerina utilizados, y las condiciones de descomposición de las pepas de palta. Este enfoque experimental permite establecer relaciones de causa y efecto entre las variables manipuladas y las propiedades finales del bioplástico producido.

### **3.1.2 Nivel de Investigación**

La investigación titulada “Plástico biodegradable a partir de rechazos de pepas de palta (*Persea americana*) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho” se clasifica como explicativa-experimental. Este nivel de investigación no solo busca describir las causas de los eventos o fenómenos que se estudian, es decir, explicar por qué ocurren (Díaz y Calzadilla, 2016). En este caso, se pretende entender cómo el almidón extraído de las pepas de palta Hass en descomposición, ácido acético y glicerina influyen en las propiedades de los bioplásticos producidos.

## **3.2 Ámbito Temporal y Espacial**

### **3.2.1 Ámbito Temporal**

La investigación se llevó a cabo desde el mes de septiembre del año 2023, hasta enero del 2025, en el cual se enmarcaron en tres etapas distintas. La primera fase se centró en el trabajo de campo con los agricultores de la comunidad de Chamana. La segunda, de carácter experimental, el cual incluyó diversas pruebas y ensayos diseñados para la obtención de almidón y elaboración de bioplásticos. Finalmente, la tercera fase, denominada fase de gabinete, en el cual se dedicó al análisis de los datos recogidos y a la formulación de conclusiones y recomendaciones basadas en los resultados obtenidos a lo largo de la investigación.

### **3.2.2 Ámbito Espacial**

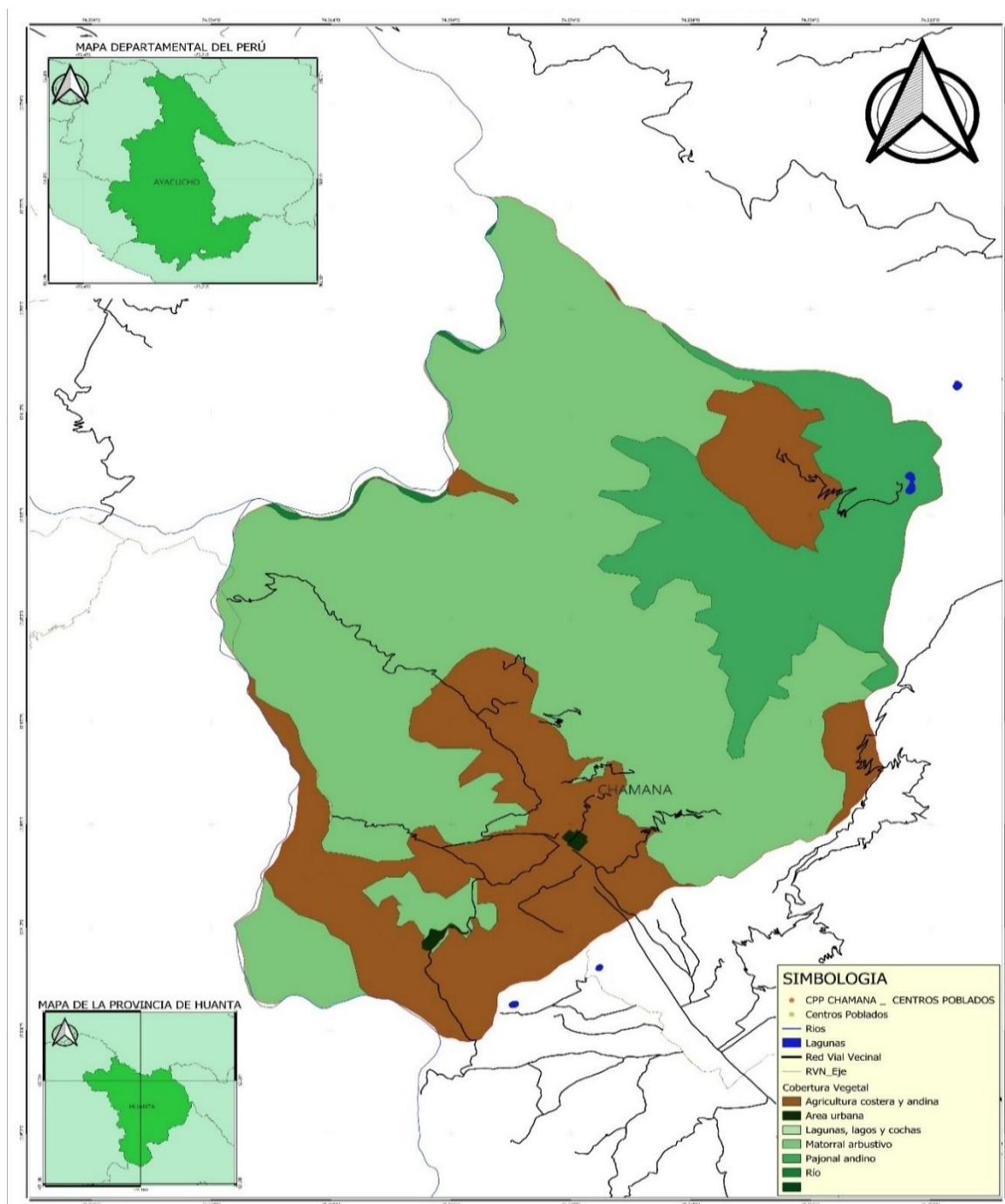
El estudio de investigación se llevó a cabo en la comunidad de Chamana, ubicada en el distrito de Luricocha, provincia de Huanta, departamento de Ayacucho.

Esta comunidad se caracteriza por su entorno agrícola favorable, con valles fértiles y un clima templado que promueven el crecimiento de diversas variedades de paltas, especialmente la variedad Hass. Sin embargo, muchas de estas paltas no se recolectan y se quedan en el campo, donde se pudren debido a enfermedades o factores humanos. Esta materia prima rechazada se convierte en el punto de partida para la presente investigación sobre la producción de bioplástico.

### **3.3 Población, muestra y unidad experimental**

#### **3.3.1 Población**

Este estudio se centró en los productores de palta de la comunidad de Chamana. Dado que no existían datos precisos sobre la cantidad de frutos descartados a nivel comunal, se realizaron entrevistas individuales con cada productor de la localidad. El objetivo fue obtener una estimación de la producción promedio por temporada. Los resultados mostraron que durante la época de alta estacionalidad (abril a julio), cada agricultor genera alrededor de 42 kg de palta mensualmente en promedio. Mientras que en la época de baja estacionalidad (agosto a marzo), la cantidad aproximada es de 21 kg en promedio por mes. Cabe mencionar que estos pesajes incluyen la fruta en su totalidad, es decir, exocarpio, mesocarpio, endocarpio y pepa.

**Figura 3:***Mapa de ubicación de la comunidad de Chamana.*

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.2 *Muestra*

La muestra para la presente investigación estuvo conformada por 9 kg de pepa de palta Hass rechazadas, las cuales fueron provistas por los productores de la comunidad de Chamana. Dicha cantidad de materia se estimó suficiente para extraer la cantidad de almidón requerida en el proceso de elaboración del bioplástico, según los cálculos realizados durante la etapa de planificación metodológica del estudio.

### 3.4 Instrumentos

En la presente investigación, se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Máquina de ensayo uniaxial de la marca ZWICK ROELL Z050, que se encuentra en el Laboratorio de Materiales del Departamento de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP). Esta máquina se empleó para realizar los ensayos de resistencia a tracción y fuerza de elongación. Este instrumento de medición cuenta con un certificado de calibración acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- Termómetro digital: utilizado para medir la variación de temperatura durante la ejecución del experimento.
- pH-metro portátil: Empleado para medir la variación de pH a lo largo de los experimentos.
- Balanza analítica: Utilizada para el pesaje preciso de los elementos en los experimentos.

- Ficha de recolección de datos periódicos: Herramienta utilizada para registrar datos de manera sistemática y periódica.

## 3.5 Procedimientos

### 3.5.1 *Fase experimental en laboratorio*

#### 3.5.1.1 **Obtención del almidón de la pepa de palta Hass rechazada**

Para la obtención del almidón de la pepa de palta variedad Hass (*Persea americana*), se utilizó como referencia el método de extracción mediante decantación.

#### **Materiales**

##### ❖ **Campo**

- Cuaderno de registro
- Bolsas de mercado (traslado de las paltas en estado de descomposición)
- Balanza romana de 25kg
- Información geográfica de la comunidad de Chamana

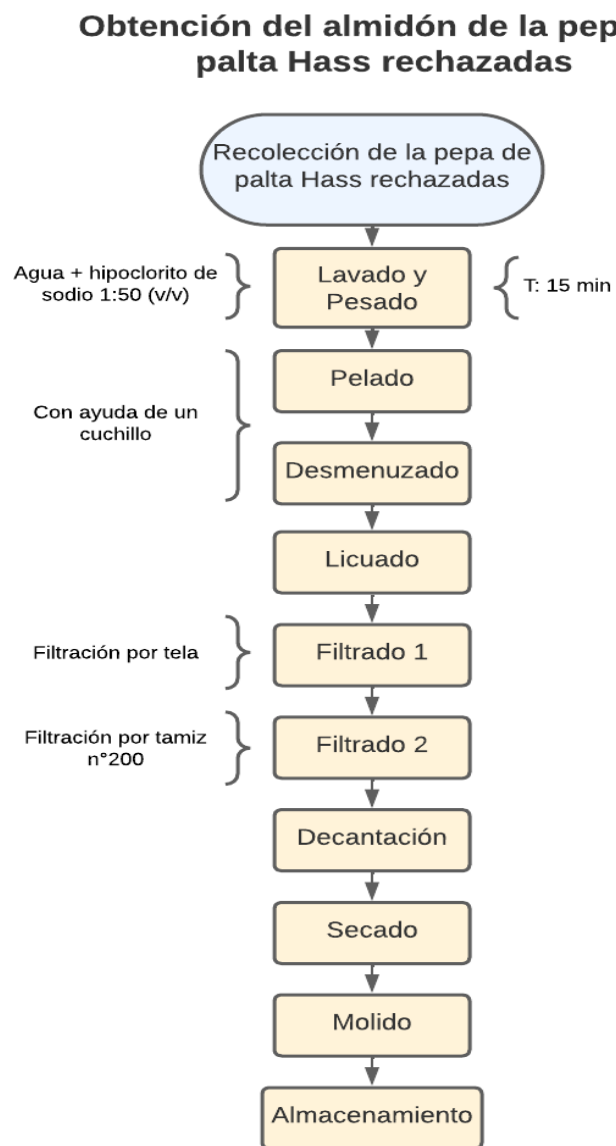
##### ❖ **Laboratorio**

- Espátula
- Bisulfito de potasio ( $\text{KHSO}_3$ )
- Licuadora
- Mortero y pilón de porcelana
- Tamiz malla N° 200 – 75 $\mu\text{m}$  astm de 8" laton/acero inoxidable altura completa

- Bolsa hermética Zip Slider-Galón
- Vasos precipitados
- Mechero de Bunsen
- Micrómetro analógico
- Placas rectangulares de vidrio de 21 x 21 cm
- Software R Studio versión 2024.12.0
- Software SPSS versión 30.0.0.0 (172)
- Software de cálculo Excel 2021
- Estufa
- Matraz aforado
- Pipetas
- Agua destilada
- Balanza analítica

**Figura 4:**

*Diagrama de bloques sobre la obtención del almidón de la pepa de palta Hass rechazada.*



Fuente: Elaboración propia

- a. *Recolección de las pepas de paltas Hass rechazadas:* Se recolectaron 62.50 kg de palta Hass rechazada en la comunidad de Chamana. De esta cantidad, se extrajeron 9 kg de pepa neta, la cual fue trasladada al laboratorio de Química de la Universidad Nacional Autónoma de Huanta para su posterior análisis.

**Figura 5:**

*Recolección de las pepas de palta Hass rechazada de la comunidad de Chamana.*



Fuente: Elaboración propia

- b. *Lavado y pesado de las pepas de palta Hass rechazadas:* Las pepas fueron lavadas y pesadas en los lavaderos del laboratorio de Química de la Universidad Nacional Autónoma de Huanta.

**Figura 6:**

*Lavado y pesado de las pepas recolectadas.*



Fuente: Elaboración propia

- c. *Pelado de las pepas de palta Hass rechazadas:* Se procedió a pelar las pepas de palta.

**Figura 7:**

*Lavado y pesado de las pepas recolectadas.*

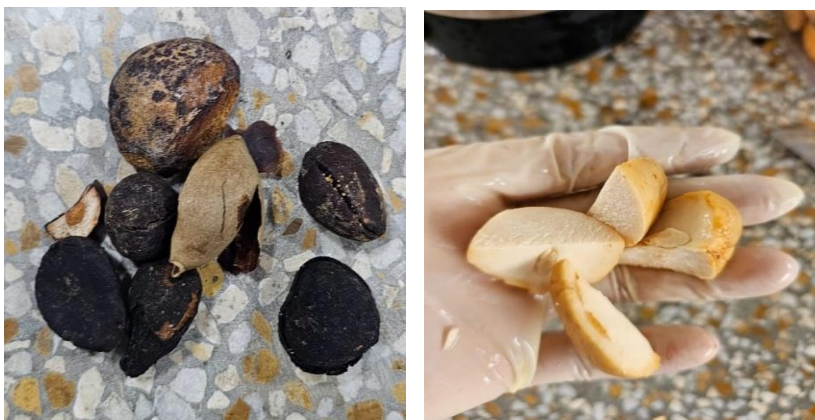


Fuente: Elaboración propia

- d. *Desmenuzado de las pepas de palta Hass rechazadas:* En este apartado, cada pepa fue reducida de tamaño, y se extrajeron las partes más dañadas.

**Figura 8:**

*Desmenuzados de las pepas de palta Hass rechazadas.*



Fuente: Elaboración propia

- d. *Licuada de las pepas de palta Hass rechazadas:* Las pepas previamente lavadas y secadas, se proceden a licuar con agua destilada en una proporción 1:1, hasta obtener una mezcla homogénea con la finalidad de facilitar la extracción del almidón

**Figura 9:**

*Licuada de las pepas de palta Hass rechazadas.*



Fuente: Elaboración propia

- e. *Filtración 1*: Después del licuado se procedió a realizar la filtración por tela en un balde de cuatro (4) litros.

**Figura 10:**

*Proceso de filtración 1 con tela.*



Fuente: Elaboración propia

- f. *Filtración 2*: Con ayuda del tamizador N° 200 se procedió a filtrar el residuo de la filtración 1 en un balde de cuatro (4) litros.

**Figura 11:**

*Proceso de filtración 2 con tamiz N°200.*



Fuente: Elaboración propia

- g. *Decantación:* Se dejó reposar por 24 horas el líquido obtenido, hasta observar la separación entre el sobrenadante y el almidón. Una vez que se obtuvo la separación se pasó a retirar cuidadosamente el sobrenadante con la ayuda de jeringas de 20 ml.

**Figura 12:**

*Proceso de decantación del almidón obtenido.*

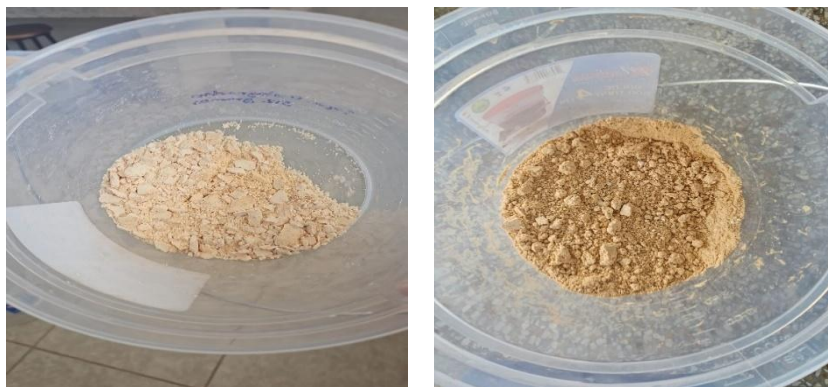


Fuente: Elaboración propia

- h. *Secado del almidón obtenido:* El almidón decantado se vertió en baldes de 4 L para dejarlas secar durante 24 horas a temperatura ambiente.

**Figura 13:**

*Secado del almidón obtenido.*



Fuente: Elaboración propia

- i. *Molido*: Se molió el almidón en un mortero y pilón de porcelana hasta obtener una granulometría homogénea.

**Figura 14:**

*Proceso de molienda.*



Fuente: Elaboración propia

- j. *Almacenamiento*: El almidón se almacenó en bolsas ziploc.

**Figura 15:**

*Almacenamiento del almidón obtenido.*



Fuente: Elaboración propia

**Determinación de almidón:** Se determinó la presencia de almidón mediante la prueba de yodo. Primero, se disolvió una pequeña cantidad de almidón en agua destilada en un vaso precipitado. Luego, se transfirió 2 ml de esta solución a un tubo de ensayo y se le agregaron 5 gotas de reactivo de Lugol. Después de agitar la mezcla, se observó un cambio de color de la solución a un tono azul oscuro, lo cual indicó la presencia de almidón.

**Figura 16:**

*Prueba de Lugol para determinar la presencia del almidón.*



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se determinó el peso del almidón seco obtenido:

**Tabla 2:**

*Proporción de almidón extraído con kg de pepa de palta Hass en descomposición.*

| Pepa de palta ( <i>Persea americana</i> ) en descomposición de la variedad Hass | Almidón  |
|---|----------|
| 9 kg  | 0.430 kg |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2 se observa que de 9 kg de las pepas de palta Hass rechazadas, se obtiene 430 g de almidón seco.

### 3.5.1.2 Elaboración del bioplástico

#### Materiales

##### ❖ Laboratorio

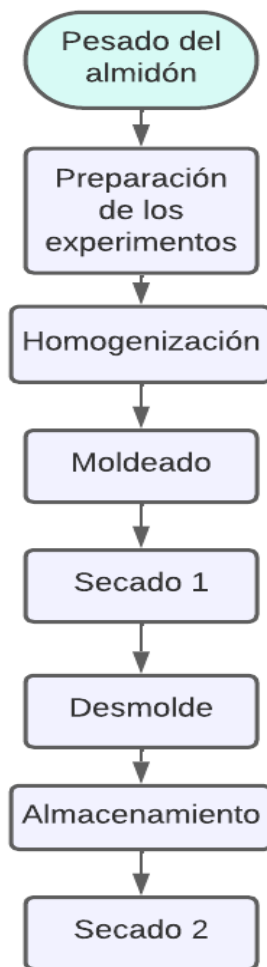
- Vasos precipitados de 250 ml
- Probeta graduada de 100 ml
- Varilla de vidrio
- Espátula
- Placas de vidrio (21 x 21 cm con un espesor de 0.3 cm)
- Regla
- Papel toalla
- Rotulador
- Ácido Acético
- Agua destilada
- Glicerina

- Balanza analítica
- Estufa
- Cronómetro
- Almidón de pepas de palta Hass decartadae
- Pinza metálica

**Figura 17:**

*Diagrama de bloques sobre el proceso de elaboración del bioplástico.*

**Proceso de elaboración del  
bioplástico a partir almidón de la pepa  
de palta Hass rechazadas**



Fuente: Elaboración propia

- a. *Pesado del almidón:* Se pesó 10 g de almidón obtenido a base de la pepa de palta Hass rechazada.

**Figura 18:**

*Pesado del almidón obtenido.*



Fuente: Elaboración propia

- b. *Preparación de los experimentos:* Se procedió a mezclar el almidón obtenido (10 g), agua destilada (125 ml), ácido acético (3, 5 y 7 ml), glicerina (5, 10 y 15 ml), tal y como se detalla en la tabla N°3. Hasta formar una solución gomosa.

**Tabla 3:**

*Grupos experimentales con los diferentes niveles de ácido acético, glicerina y almidón obtenido de las pepas de palta Hass rechazadas.*

| Grupos Experimentales | Volumen del ácido acético al 3% (ml) | Volumen de la glicerina (ml) | Almidón de la pepa de la palta Hass rechazadas (g) | Agua destilada (ml) |
|-----------------------|--------------------------------------|------------------------------|--|---------------------|
| G1                    | 3                                    | 5                            | 10   | 125                 |
| G2                    | 3                                    | 10                           | 10   | 125                 |
| G3                    | 3                                    | 15                           | 10   | 125                 |

| Grupos Experimentales | Volumen del ácido acético al 3% (ml) | Volumen de la glicerina (ml) | Almidón de la papa de la palta Hass rechazadas (g) | Agua destilada (ml) |
|-----------------------|--------------------------------------|------------------------------|--|---------------------|
| G4                    | 5                                    | 5                            | 10   | 125                 |
| G5                    | 5                                    | 10                           | 10   | 125                 |
| G6                    | 5                                    | 15                           | 10   | 125                 |
| G7                    | 7                                    | 5                            | 10   | 125                 |
| G8                    | 7                                    | 10                           | 10   | 125                 |
| G9                    | 7                                    | 15                           | 10   | 125                 |

Fuente: Elaboración propia

### Figura 19:

*Preparación de los experimentos.*



Fuente: Elaboración propia

- c. *Homogenización*: Las muestras correspondientes a los nueve (09) tratamientos fueron sometidas a un proceso controlado de calentamiento mediante el uso de un mechero Bunsen en el laboratorio de química. Cada muestra fue calentada de forma regulada a temperatura moderada durante un periodo de 3 minutos, con el fin de lograr una consistencia homogénea previo al moldeado.

**Figura 20:**

*Homogenización de los experimentos.*



Fuente: Elaboración propia

- d. *Moldeado*: Una vez obtenidas las mezclas gomosas homogéneas, se procedió a moldearlos sobre placas de vidrio transparente de

21 x 21 cm de dimensión, utilizando un total de 27 placas (3 repeticiones por cada tratamiento). El espesor de cada bioplástico moldeado fue de 0.3 mm, valor recomendado según especificaciones técnicas de la empresa fabricante de moldes Papel Matic (2019). Posteriormente, cada placa fue suavizada delicadamente con un algodón humedecido en aceite, con el fin de facilitar el deslizamiento y desprendimiento posterior del bioplástico una vez seco.

**Figura 21:**

*Moldeado de los bioplásticos en placas de 20 cm x 20 cm.*



Fuente: Elaboración propia

- e. *Secado 1:* Las 27 placas que contuvieron los bioplásticos moldeados fueron colocadas en estufas de secado del laboratorio de química y biología, a fin de lograr su secado uniforme durante 20 horas a una temperatura de 40°C.

**Figura 22:**

*Proceso del primer secado de los bioplásticos.*



Fuente: Elaboración propia

- f. *Desmolde:* Transcurrido el tiempo de secado, cada bioplástico fue retirado delicadamente de su placa de vidrio para evitar posibles roturas.

**Figura 23:**

*Proceso de desmolde de los bioplásticos.*



Fuente: Elaboración propia

- g. *Almacenamiento:* Los bioplásticos fueron acondicionados en bolsas ziploc individuales debidamente rotuladas para su almacenamiento.

**Figura 24:**

*Proceso de almacenamiento en bolsas Ziploc.*



Fuente: Elaboración propia

- h. *Secado 2:* Por último, se realizó un secado final de las muestras a temperatura ambiente en campo abierto durante 24 horas, completando así el proceso productivo.

**Figura 25:**

*Proceso del segundo secado en campo*



Fuente: Elaboración propia

### 3.5.2 Evaluación del almidón

#### 3.5.2.1 Rendimiento del almidón

El rendimiento del almidón constituye un parámetro cuantitativo fundamental que expresa la relación porcentual entre la masa de almidón obtenido y la masa inicial de materia prima empleada en el proceso de extracción. Este indicador permite evaluar la eficiencia del proceso extractivo y determinar la viabilidad técnica para el aprovechamiento industrial de diversas fuentes amiláceas, Díaz Alarcón y López Farfán (2024). Para evaluar el rendimiento se tomó como modelo la fórmula usada por Morocho et al. (2021), el cual es el siguiente:

$$\text{Rendimiento}(\%) = \frac{\text{Peso final del almidón}(g)}{\text{Peso inicial de la materia prima}(g)} * 100$$

El resultado obtenido, aplicando esta ecuación, se presenta a continuación:

**Tabla 4:**

*Porcentaje de rendimiento obtenido.*

| <b>Peso de las<br/>Pepas (g)</b> | <b>Almidón<br/>Obtenido (g)</b> | <b>Rendimiento<br/>%</b> |
|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 2300                             | 110                             | 4.78                     |
| 2100                             | 95                              | 4.52                     |
| 1700                             | 80                              | 4.71                     |
| 1500                             | 75                              | 5.00                     |
| 1400                             | 70                              | 5.00                     |
| <b>Promedio</b>                  |                                 | <b>4.80</b>              |

### 3.5.3 Evaluación de bioplásticos

#### 3.5.3.1 Determinación de la resistencia a tracción y fuerza de elongación del bioplástico

Una vez teniendo listo el bioplásticos, se procedió a realizar los siguientes procesos:

- a. *Dimensionado*: Cada una de las muestras de bioplástico fue sometida a un proceso de corte, utilizando una Cuchilla Snap Off Stanley, con el fin de darles las dimensiones estándar de 15 x 13cm recomendadas por el Laboratorio de Materiales del Departamento de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

#### Figura 26:

*Proceso de dimensionamiento a 15 cm x 13 cm.*



Fuente: Elaboración propia

- b. *Almacenamiento*: Las muestras mecanizadas fueron acondicionadas de manera individual en bolsas de polietileno ziploc debidamente rotuladas.

**Figura 27:**

*Proceso de almacenamiento de las muestras para las pruebas mecánicas en la Pontificia Universidad Católica del Perú.*



Fuente: Elaboración propia

- c. *Análisis mecánicos:* Finalmente, las muestras fueron remitidas al Laboratorio de Materiales de la PUCP para la realización de pruebas de tracción y elongación, mediante el uso de una máquina de ensayos uniaxial ZWICK ROELL–modelo Z050. Tal y como se muestran en las siguientes figuras:

**Figura 28:**

*Equipos de Análisis de Propiedades Mecánicas del Laboratorio de Materiales.*



Fuente: Laboratorio de Materiales de la Pontificia Universidad Católica del Perú (2022)

**Figura 29:**

*Proceso de entrega de las muestras para las pruebas mecánicas en la Pontificia Universidad Católica del Perú.*



Fuente: Elaboración propia

### 3.5.3.2 Determinación de la biodegradabilidad

La evaluación de la biodegradabilidad aeróbica se llevó a cabo siguiendo la Norma Española UNE-EN ISO 20200 (AENOR, 2022), adaptando la metodología utilizada por Paitan y Rojas (2022) a los requerimientos específicos de la presente investigación.

#### **Materiales**

- 27 baldes de 4 litros
- Cooter
- Espátula
- Plas Petri
- Rotulador
- Papel toalla

**Insumo:**

- Compost

**Materiales:**

- Balanza digital
- Medidor de pH y temperatura
- Estufa

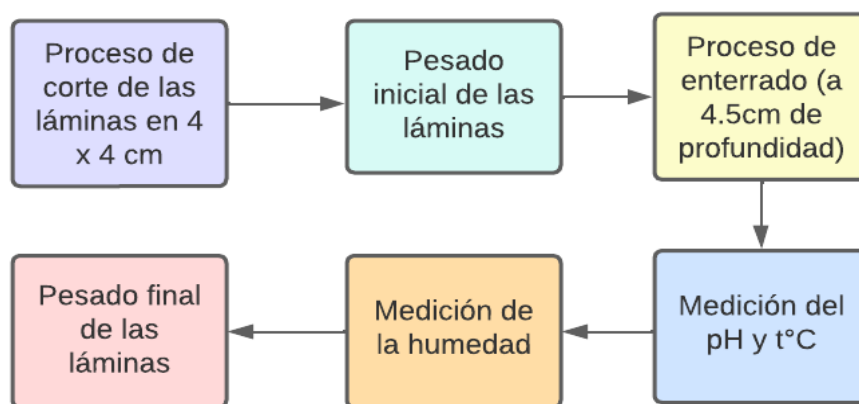
**Procedimiento:**

Los 27 bioplásticos fueron sometidas a un proceso de biodegradación aeróbica mediante compostaje. En este proceso, los bioplásticos fueron descompuestos en sustancias más simples a través de la acción de microorganismos que requieren oxígeno. Para llevar a cabo este proceso, se siguieron los siguientes pasos:

**Figura 30:**

*Diagrama de bloques sobre el proceso de determinación de la biodegradabilidad del bioplástico.*

### Determinación de biodegradabilidad del bioplástico a partir del almidón de la pepa de palta Hass rechazadas



Fuente: Elaboración propia

- a. *Proceso de corte de las láminas en 4 cm x 4 cm:* Se cortaron 27 muestras en dimensiones de 4 cm x 4 cm para facilitar el manejo de tamaños reducidos y mejorar el análisis de datos.

**Figura 31:**

*Proceso de dimensionamiento de los bioplásticos.*





Fuente: Elaboración propia

b. *Pesado inicial de las láminas:* Se realizó el pesado inicial de cada muestra para obtener datos de referencia, los cuales se utilizarán posteriormente para analizar la biodegradabilidad en términos de pérdida de peso.

**Figura 32:**

*Pesado inicial de las láminas.*



Fuente: Elaboración propia

c. *Proceso de enterrado:* Los 27 bioplásticos obtenidos se enterraron en baldes de 4 litros, rotulados según el experimento y la repetición correspondiente. Se colocaron a una profundidad inicial de 4.5 cm, y se cubrieron con otros 4.5 cm de tierra, asegurando su total entierro.

**Figura 33:**

*Proceso de enterrado de los bioplásticos.*



Fuente: Elaboración propia

- d. *Medición del pH y temperatura:* Se midieron la temperatura y el pH de las 27 muestras durante un periodo de 5 semanas (30 días).

**Figura 34:**

*Medición del pH y la temperatura.*



Fuente: Elaboración propia

e. *Medición de la humedad*: Inicialmente, se pesaron 27 crisoles vacíos y luego se llenaron con el compost extraído de cada balde, correlacionados con la muestra y su repetición. Posteriormente, se colocaron en una estufa a 70°C durante 24 horas para secar el contenido. Al finalizar el secado, se retiraron los crisoles y se pesaron nuevamente. El porcentaje de humedad se determinó utilizando la fórmula correspondiente. El porcentaje de humedad se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(a-b)}{a} * 100\% \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

a = peso de la masa húmeda(g)

b = peso de la masa seca(g)

**Figura 35:**

*Medición de la humedad.*





Fuente: Elaboración propia

f. *Pesado final de las láminas:* Se realizó un seguimiento del peso de cada bioplástico durante un periodo de 6 semanas (30 días), extrayendo las muestras de los baldes a intervalos regulares. Se observó una variación en el peso de las muestras a lo largo del tiempo, la cual se relaciona con el proceso de compostaje y de biodegradabilidad.

**Figura 36:**

*Pesado de los bioplásticos degradados.*



Fuente: Elaboración propia

## 3.6 Análisis de datos

### 3.6.1 *Tratamiento de los resultados*

El tratamiento de los resultados se realizó utilizando el software RStudio versión 2024.12.0 y Microsoft Excel 2021 para la organización inicial de los datos. Se empleó un análisis descriptivo para evaluar las medidas de tendencia central, dispersión y distribución de las variables estudiadas, las cuales incluye resistencia a la tracción, fuerza de elongación y Biodegradabilidad.

#### 3.6.1.1 **Desarrollo de la prueba de hipótesis**

Según Hernández y Mendoza (2018), el proceso de contraste de hipótesis se lleva a cabo en seis etapas. Al llegar a la última, se puede tomar la decisión de aceptar o rechazar la hipótesis nula. Siguiendo esta perspectiva, que se considera coherente, se ha optado por aplicar estos pasos en el contraste de la hipótesis, sin desestimar otros enfoques posibles. Los pasos incluyen:

- a. Formular la hipótesis nula y alternativa conforme al problema planteado.
- b. Definir el nivel de significancia o riesgo " $\alpha$ ".
- c. Seleccionar el estadístico de prueba más adecuado.
- d. Definir el valor crítico y regla de decisión (ANOVA y Kruskal Wallis)
- e. Establecer la decisión estadística.

- f. Tomar la decisión estadística: rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ), o no rechazarla (aceptarla) en caso contrario.
- g. Redacción de la conclusión.

## IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Resultados

Los resultados del esfuerzo máximo y la elongación a la rotura de los bioplásticos elaborados a partir de los rechazos de pepas de palta, que se presentan a continuación, fueron obtenidos con base en el informe de ensayo realizado en el Laboratorio de Materiales del Departamento de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Asimismo, se presentan los resultados de la biodegradación aeróbica de los bioplásticos, la cual se desarrolló en el Laboratorio Central de la Universidad Nacional Autónoma de Huanta durante un período de 30 días.

Para el análisis estadístico descriptivo, se empleó el software Microsoft Excel, versión 2016, para la selección y organización de los datos correspondientes al esfuerzo máximo, la elongación a la rotura y la tasa de biodegradación. Posteriormente, se utilizó el programa SPSS y R Studio para realizar el procesamiento estadístico y la interpretación de los resultados. Este enfoque permitió evaluar detalladamente las propiedades mecánicas y la biodegradabilidad del bioplástico, destacando su viabilidad como una alternativa ecológica frente a los materiales convencionales.

#### 4.1.1 *Resultados de la elaboración del bioplástico*

El estudio permitió elaborar un plástico biodegradable a partir de rechazos de semillas de palta (*Persea americana*) variedad Hass en la comunidad de Chamana, Ayacucho. Los resultados finales de la elaboración del bioplástico, presentados en la Tabla 7 al final de esta sección, demuestran que el Grupo 1 sobresale con el puntaje más alto, 0.8220, lo que indica el mejor desempeño según los criterios evaluados. A

este le sigue el Grupo 7, con un puntaje de 0.7628, ocupando el segundo lugar. El Grupo 2 se sitúa en la tercera posición con un puntaje de 0.6303. En el otro extremo, el Grupo 8 obtiene un puntaje de 0.2352, mientras que el Grupo 9 presenta el puntaje más bajo, 0.000, reflejando el menor desempeño entre los grupos evaluados.

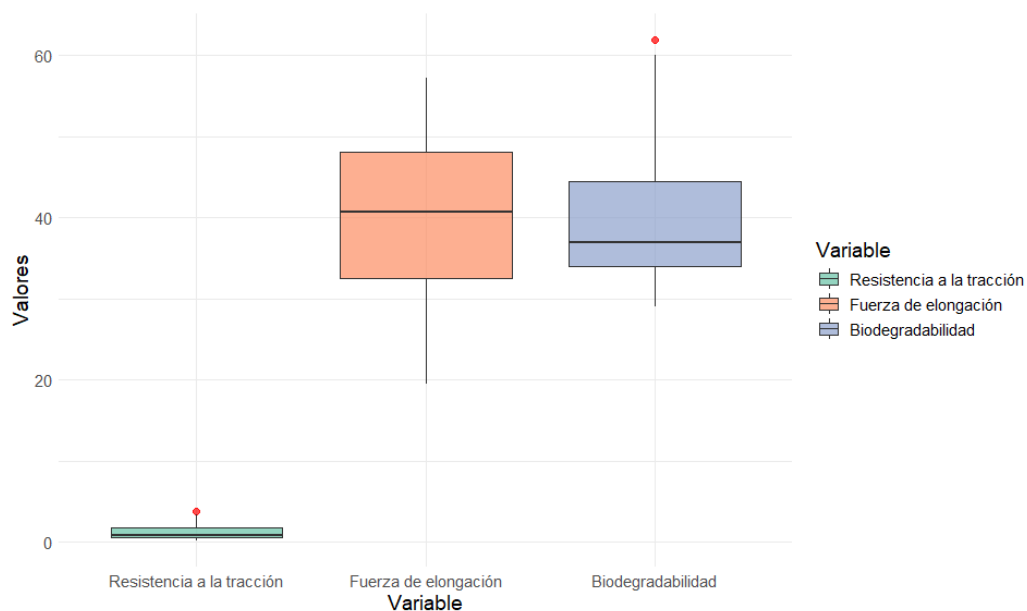
Para comprender cómo se llegó a estos resultados finales, se presentan inicialmente los datos obtenidos de las propiedades mecánicas y de biodegradabilidad del bioplástico elaborado, resumidos en la Tabla 5. El cual se muestra a continuación:

**Tabla 5:**

*Análisis descriptivo.*

| Parámetros | Resistencia a la Tracción | Fuerza de Elongación | Biodegradabilidad |
|------------|---------------------------|----------------------|-------------------|
| N          | 27                        | 27                   | 27                |
| Media      | 1.3241                    | 39.8752              | 40.00             |
| Desviación | 1.06119                   | 10.57245             | 9.186             |
| Asimetría  | 1.070                     | -0.284               | 1.032             |
| Mediana    | 0.91                      | 40.68                | 37                |

**Nota.** Esta tabla muestra datos estadísticos obtenidos de las fuerzas mecánicas y biodegradabilidad de los bioplásticos elaborados.

**Figura 37:***Distribución del análisis descriptivo.*

La Tabla 5 y la figura 37 reflejan un análisis descriptivo y visual de 27 muestras en términos de esfuerzo máximo, elongación a la rotura y biodegradabilidad. En promedio, las muestras presentan una resistencia de 1.32 MPa, con una desviación estándar de 1.06, indicando una considerable variabilidad entre las muestras y una distribución ligeramente sesgada hacia valores más altos (asimetría de 1.07). La mediana de 0.91 MPa, inferior a la media, confirma este sesgo positivo, indicando que la mayoría de los valores se encuentran por debajo del promedio.

En cuanto a la elongación a la rotura, las muestras alcanzan un estiramiento promedio del 39.88 %, con una menor dispersión reflejada en una desviación estándar de 10.57 y una distribución simétrica (asimetría de -0.28). La mediana de 40.68 %, cercana a la media, sugiere una distribución más equilibrada en esta variable, con valores homogéneos en torno al promedio.

Por último, la biodegradabilidad tiene un promedio de 40.00 %, con una desviación estándar de 9.19, lo que indica mayor uniformidad en comparación con la resistencia, aunque con una ligera inclinación hacia valores más altos (asimetría de 1.03). La mediana de 37 %, menor que la media, sugiere que la distribución está algo sesgada hacia valores superiores, aunque la variabilidad sigue siendo moderada.

Estos resultados muestran que, mientras la resistencia y la elongación presentan mayor variabilidad entre las muestras, la biodegradabilidad es más homogénea, con una tendencia a valores superiores al promedio en ambos casos.

Por otro lado, para ser más objetivo, se identificó el grupo experimental con las mejores características, para ello, se llevó a cabo el siguiente proceso:

#### **4.1.1.1 Normalización de datos**

Se utilizó el método de normalización min-máx para analizar de manera equitativa las propiedades mecánicas y de biodegradabilidad. Este enfoque se basó en el modelo de Lorenzo (2024). A continuación, se presentan los valores normalizados obtenidos:

**Tabla 6:**

Valores Normalizados por el método Min-Máx

| <b>Grupo</b> | <b>Resistencia<br/>a la tracción</b> | <b>Fuerza de<br/>elongación</b> | <b>Biodegradabilidad</b> |
|--------------|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| GRUPO 1      | 0.4661                               | 1.0000                          | 1.0000                   |
| GRUPO 2      | 0.7295                               | 0.9586                          | 0.2029                   |
| GRUPO 3      | 0.1876                               | 0.8760                          | 0.1311                   |
| GRUPO 4      | 0.2186                               | 0.3978                          | 0.1670                   |
| GRUPO 5      | 0.2595                               | 0.6454                          | 0.1147                   |
| GRUPO 6      | 0.1836                               | 0.4163                          | 0.4923                   |
| GRUPO 7      | 1.0000                               | 0.7873                          | 0.5010                   |
| GRUPO 8      | 0.0739                               | 0.2906                          | 0.3410                   |
| GRUPO 9      | 0.0000                               | 0.0000                          | 0.0000                   |

**Nota:** La tabla muestra los valores normalizados de todos los grupos experimentales.

#### 4.1.1.2 Cálculo del puntaje compuesto

Para calcular el puntaje compuesto, se asignó un valor de 1/3 a cada característica, dado que representa un tercio del valor total. En este contexto, se utilizó la siguiente fórmula para determinar el valor compuesto de cada grupo:

$$P.C. = \frac{1}{3} \times (T. Normalizada) + \frac{1}{3} \times (E. Normalizada) + \frac{1}{3} \times (B. Normalizada)$$

El resultado se muestra en la tabla 7, el cual se encuentra ordenado de forma descendente, comenzando con el mejor experimento y finalizando con el menos favorable.

**Tabla 7:**

Puntaje Compuesto de cada grupo experimental

| <b>Grupo</b> | <b>Puntaje Compuesto</b> |
|--------------|--------------------------|
| GRUPO 1      | 0.8220                   |
| GRUPO 7      | 0.7628                   |
| GRUPO 2      | 0.6303                   |
| GRUPO 3      | 0.3983                   |
| GRUPO 6      | 0.3641                   |
| GRUPO 5      | 0.3399                   |
| GRUPO 4      | 0.2611                   |
| GRUPO 8      | 0.2352                   |
| GRUPO 9      | 0.0000                   |

**Nota:** La tabla presenta los resultados del puntaje compuesto en forma descendente.

En ese sentido, se reafirma lo expuesto anteriormente, destacando que el Grupo 1 obtuvo el puntaje más alto, 0.8220, lo que refleja el mejor desempeño según los criterios evaluados.

#### 4.1.2 *Resultados de la resistencia a la tracción*

Los resultados de resistencia a la tracción son presentados en la Figura 38, en el que se revelan variaciones significativas en función de la concentración de los ingredientes utilizados en la elaboración del bioplástico. Estas variaciones permitieron identificar cómo cada combinación de ingredientes influye en las características del material. En particular, los Grupos 7 y 2 destacan por sus resultados destacados, con promedios de 3.51 MPa y 2.60 MPa, respectivamente. El Grupo 7, con una combinación de 7 ml de ácido acético y 5 ml de glicerina, mostró propiedades mecánicas óptimas, mientras que el Grupo 2, con 3 ml de ácido acético y 10 ml de glicerina, también presentó resultados notables. Esto sugiere que ciertas proporciones de ácido acético y glicerina pueden optimizar significativamente las propiedades mecánicas del bioplástico.

Para comprender cómo se llegó a los resultados finales de la resistencia a la tracción, se presentan inicialmente los datos de resistencia a la tracción (en MPa) para los diferentes grupos experimentales, resumidos en la Tabla 8. Cada grupo incluye tres repeticiones (Probeta 1, Probeta 2 y Probeta 3), lo que permite evaluar la consistencia y variabilidad de los datos. Además, se calcula el promedio ( $\bar{X}$ ) de la resistencia a tracción para cada grupo, lo cual sirve como indicador representativo de su desempeño mecánico. Este análisis busca comparar la capacidad de los bioplásticos para resistir tensiones antes de su ruptura, proporcionando información relevante para la caracterización de los materiales y su posible aplicación práctica.

**Tabla 8:**

*Resultados de la resistencia a tracción (MPa) de los bioplásticos.*

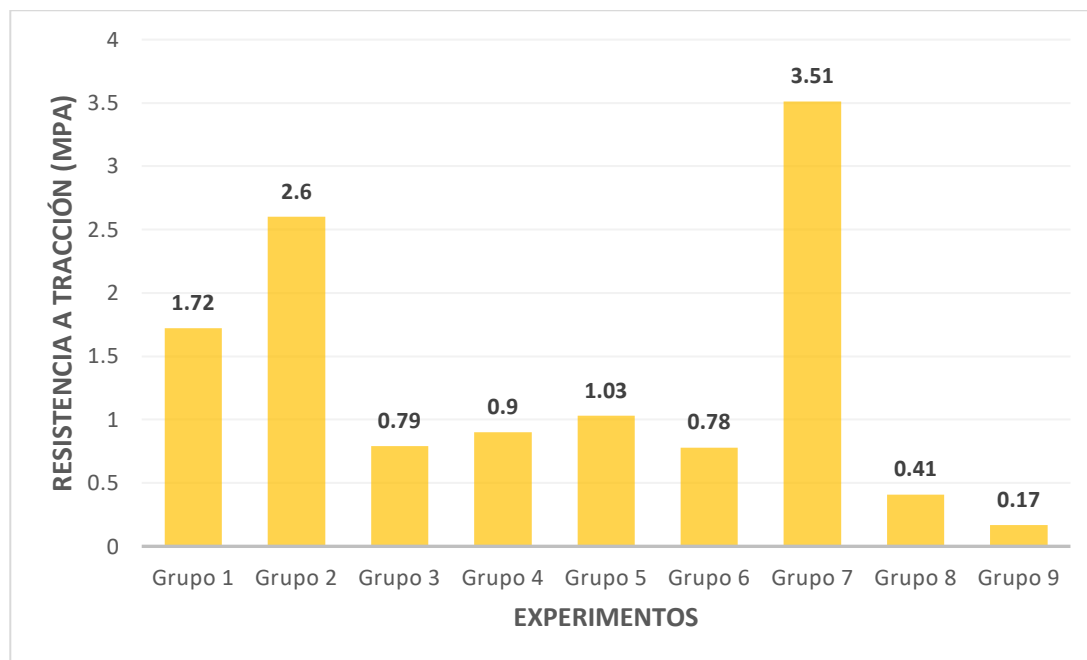
| <b>Experimentos</b> | <b>Repeticiones</b> |                  |                  | $\bar{X}$ |
|---------------------|---------------------|------------------|------------------|-----------|
|                     | <b>Probeta 1</b>    | <b>Probeta 2</b> | <b>Probeta 3</b> |           |
| <b>Grupo 1</b>      | 1.61                | 1.95             | 1.61             | 1.72      |
| <b>Grupo 2</b>      | 2.91                | 2.49             | 2.41             | 2.60      |
| <b>Grupo 3</b>      | 0.78                | 0.68             | 0.92             | 0.79      |
| <b>Grupo 4</b>      | 1.04                | 0.86             | 0.79             | 0.90      |
| <b>Grupo 5</b>      | 1.09                | 1.18             | 0.83             | 1.03      |
| <b>Grupo 6</b>      | 0.91                | 0.59             | 0.84             | 0.78      |
| <b>Grupo 7</b>      | 3.45                | 3.28             | 3.79             | 3.51      |
| <b>Grupo 8</b>      | 0.44                | 0.33             | 0.47             | 0.41      |
| <b>Grupo 9</b>      | 0.12                | 0.23             | 0.15             | 0.17      |

**Nota.** Se realizaron nueve grupos experimentales con concentraciones de ácido acético (3, 5 y 7 ml), glicerina (5, 10 y 15 ml) y almidón de papa de palta Hass, observándose variaciones en los resultados según los niveles de concentración utilizados.

Para poder analizar desde una mejor perspectiva, se presentarán estos datos en la siguiente gráfica (Figura 38), que ilustrará las variaciones de los resultados obtenidos en los diferentes grupos experimentales, permitiendo una visualización clara de las concentraciones y sus efectos.

**Figura 38:**

*Diferencias en resistencia a la tracción (MPa).*



En ese sentido, se ratifica que los resultados de resistencia a la tracción, previamente mencionados, destacan a los Grupos 7 y 2 por sus destacados promedios de 3.51 MPa y 2.60 MPa, respectivamente. Esto sugiere que ciertas proporciones de ácido acético y glicerina pueden optimizar las propiedades mecánicas del bioplástico, subrayando la importancia de la formulación en su comportamiento mecánico.

#### **4.1.3 Resultados de fuerza de elongación**

Los valores promedio de fuerza de elongación oscilan entre 21.32% (Grupo 9) y 52.40% (Grupo 1), destacando a los Grupos 1 y 2 como los de mejor desempeño con 52.40% y 51.12%, respectivamente. Estos resultados indican una mayor flexibilidad y ductilidad en sus formulaciones, atribuibles a las concentraciones de ácido acético, glicerina y almidón utilizadas. En contraste, los Grupos 8 y 9 presentaron los valores

más bajos, con 30.36% y 21.32%, respectivamente. Esta variabilidad se ilustra en la Figura 39, que muestra cómo las diferentes combinaciones de ingredientes afectan las propiedades mecánicas del bioplástico.

Para comprender cómo se llegó a los resultados finales de fuerza de elongación, se presentan los datos en porcentaje (%) para los bioplásticos elaborados a partir de rechazos de semillas de palta, resumidos en la Tabla 9. Cada grupo experimental incluye tres repeticiones (Probeta 1, Probeta 2 y Probeta 3), lo que permite evaluar la consistencia y variabilidad de los datos. Además, se calcula el promedio ( $\bar{X}$ ) de la elongación para cada grupo, lo cual sirve como indicador representativo de su capacidad para deformarse bajo esfuerzo antes de alcanzar el punto de ruptura.

**Tabla 9:**

*Resultados de la fuerza de elongación (%) de los bioplásticos obtenidos del almidón de la pepa de la palta.*

| Experimentos   | Repeticiones |           |           | $\bar{X}$ |
|----------------|--------------|-----------|-----------|-----------|
|                | Probeta 1    | Probeta 2 | Probeta 3 |           |
| <b>Grupo 1</b> | 57.30        | 47.70     | 52.21     | 52.40     |
| <b>Grupo 2</b> | 48.64        | 50.82     | 53.89     | 51.12     |
| <b>Grupo 3</b> | 46.53        | 47.26     | 51.86     | 48.55     |
| <b>Grupo 4</b> | 31.83        | 35.68     | 33.55     | 33.69     |
| <b>Grupo 5</b> | 40.68        | 37.63     | 45.84     | 41.38     |
| <b>Grupo 6</b> | 31.17        | 36.98     | 34.64     | 34.26     |
| <b>Grupo 7</b> | 45.72        | 50.41     | 41.25     | 45.79     |

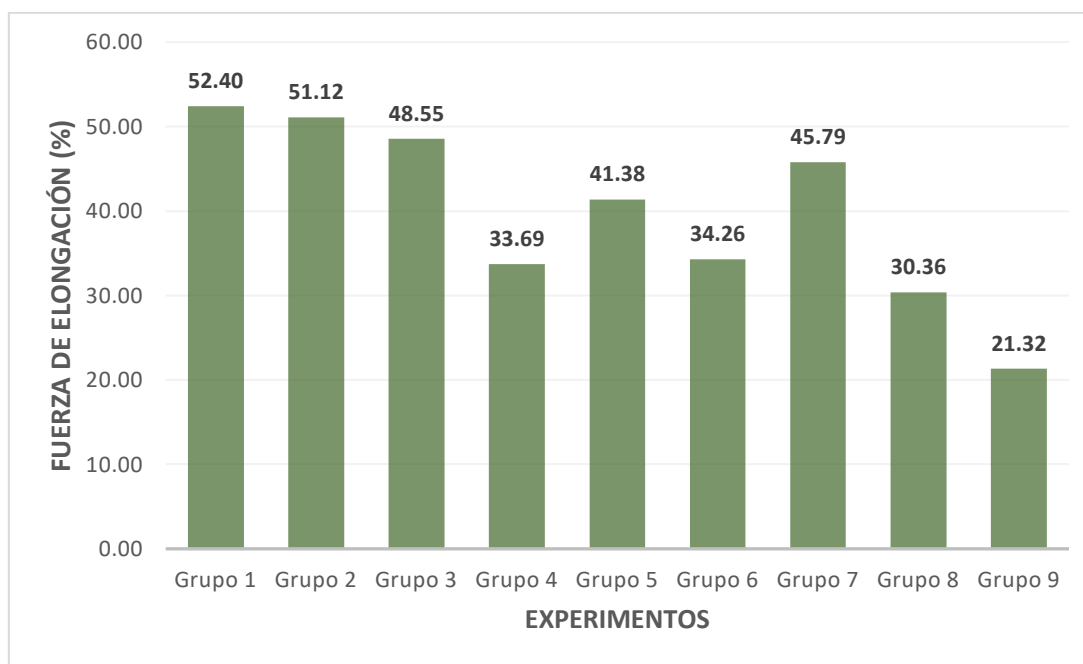
| <b>Repeticiones</b> |                  |                  |                  |                             |
|---------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------------------|
| <b>Experimentos</b> | <b>Probeta 1</b> | <b>Probeta 2</b> | <b>Probeta 3</b> | <b><math>\bar{X}</math></b> |
| <b>Grupo 8</b>      | 33.30            | 27.37            | 30.40            | 30.36                       |
| <b>Grupo 9</b>      | 23.78            | 20.62            | 19.57            | 21.32                       |

**Nota.** Cada grupo experimental se compuso de tres repeticiones, y los valores promedio ( $\bar{X}$ ) fueron calculados a partir de los resultados obtenidos en las tres probetas para cada experimento.

Para poder analizar desde una mejor perspectiva, se presentarán estos datos en la siguiente gráfica (Figura 39), que ilustrará las variaciones de los resultados obtenidos de fuerza de elongación en los diferentes grupos experimentales, permitiendo una visualización clara de las concentraciones y sus efectos.

**Figura 39:**

*Resultados de la fuerza de elongación promedio (%).*



En ese sentido, se ratifica que los promedios de fuerza de elongación oscilan entre 21.32% (Grupo 9) y 52.40% (Grupo 1), destacando a los Grupos 1 y 2 con promedios de 52.40% y 51.12%, respectivamente. Estos resultados indican una mayor flexibilidad y ductilidad en sus formulaciones, atribuibles a las concentraciones de ácido acético, glicerina, agua destilada y almidón utilizadas.

#### **4.1.4 Resultados de la biodegradabilidad**

En el contexto de la evaluación de la biodegradabilidad de los bioplásticos elaborados a partir de rechazos de semillas de palta (*Persea americana*) variedad Hass, la Figura 40 presenta los promedios de biodegradabilidad (%) para cada grupo experimental. Estos resultados destacan la influencia significativa de la composición en el comportamiento ambiental del bioplástico, mostrando cómo las diferentes combinaciones de ingredientes afectan su descomposición. En particular, el Grupo 1 destacó con la tasa de biodegradabilidad más alta, alcanzando un promedio de 60.08%, lo que indica una descomposición más rápida en comparación con los demás grupos. Por otro lado, el Grupo 9 presentó la tasa más baja, con un promedio de 30.26%, sugiriendo una menor capacidad de degradación. Los Grupos 2 y 6 mostraron tasas intermedias, entre 36.31% y 44.94%, reflejando un comportamiento moderado en cuanto a biodegradabilidad.

Para comprender mejor estos resultados, se presentarán los pasos seguidos en la evaluación de la descomposición de los bioplásticos. En la Tabla 10, se detallan los resultados de la tasa de biodegradabilidad en función del peso para varios grupos experimentales, incluyendo el peso inicial y final de cada muestra. Esto permite

calcular la diferencia de peso y determinar la tasa de descomposición en porcentaje. Además, se incluye el promedio de descomposición para evaluar el rendimiento general de cada grupo, proporcionando una visión clara de la eficiencia de descomposición en cada caso.

**Tabla 10:**

*Resultados de tasa de Biodegradabilidad (%) por pérdida de peso de los Bioplásticos.*

| <b>Biodegradabilidad en función del peso</b> |                     |                     |                   |                            |                               |                             |
|--|---------------------|---------------------|-------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| <b>Experimentos</b>                          | <b>Repeticiones</b> | <b>Peso Inicial</b> | <b>Peso Final</b> | <b>Diferencia de Pesos</b> | <b>Tasa de Descomposición</b> | <b><math>\bar{X}</math></b> |
| <b>Grupo 1</b>                               | Probeta 1           | 0.24                | 0.1               | 0.14                       | 58.33%                        | 60.08%                      |
|  | Probeta 2           | 0.15                | 0.06              | 0.09                       | 60.00%                        |                             |
|  | Probeta 3           | 0.21                | 0.08              | 0.13                       | 61.90%                        |                             |
| <b>Grupo 2</b>                               | Probeta 1           | 0.5                 | 0.28              | 0.22                       | 44.00%                        | 36.31%                      |
|  | Probeta 2           | 0.44                | 0.28              | 0.16                       | 36.36%                        |                             |
|  | Probeta 3           | 0.42                | 0.3               | 0.12                       | 28.57%                        |                             |
| <b>Grupo 3</b>                               | Probeta 1           | 0.62                | 0.41              | 0.21                       | 33.87%                        | 34.17%                      |
|  | Probeta 2           | 0.67                | 0.46              | 0.21                       | 31.34%                        |                             |
|  | Probeta 3           | 0.59                | 0.37              | 0.22                       | 37.29%                        |                             |
| <b>Grupo 4</b>                               | Probeta 1           | 0.62                | 0.39              | 0.23                       | 37.10%                        | 35.24%                      |
|  | Probeta 2           | 0.66                | 0.43              | 0.23                       | 34.85%                        |                             |
|  | Probeta 3           | 0.74                | 0.49              | 0.25                       | 33.78%                        |                             |
| <b>Grupo 5</b>                               | Probeta 1           | 0.75                | 0.49              | 0.26                       | 34.67%                        | 33.68%                      |
|  | Probeta 2           | 0.71                | 0.46              | 0.25                       | 35.21%                        |                             |
|  | Probeta 3           | 0.77                | 0.53              | 0.24                       | 31.17%                        |                             |

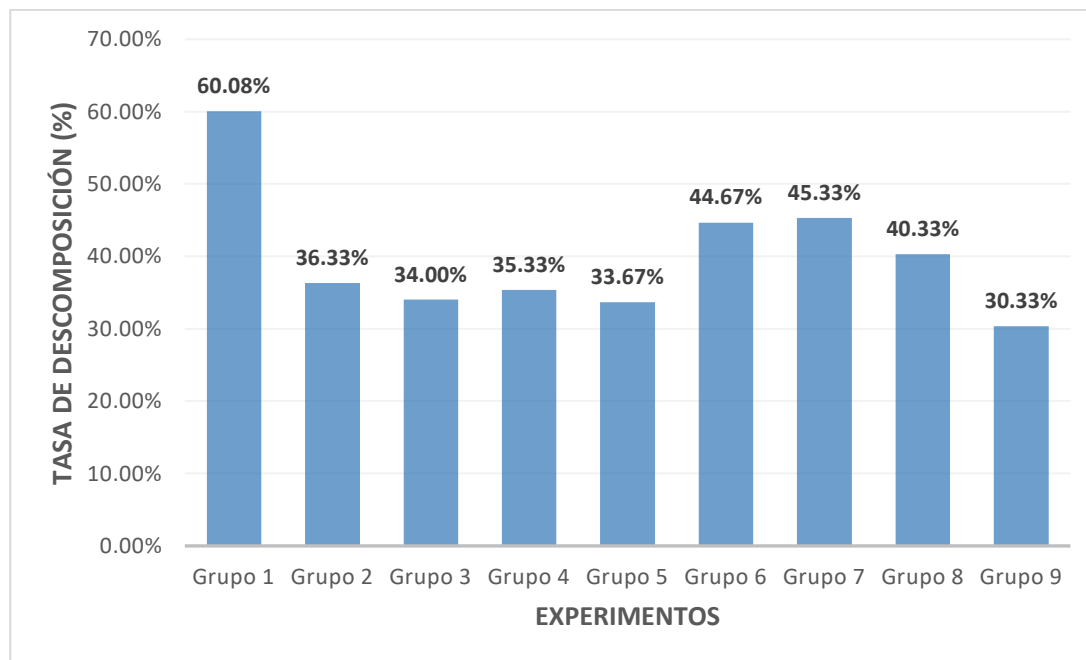
| <b>Biodegradabilidad en función del peso</b> |                     |                     |                   |                            |                               |                             |
|--|---------------------|---------------------|-------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| <b>Experimentos</b>                          | <b>Repeticiones</b> | <b>Peso Inicial</b> | <b>Peso Final</b> | <b>Diferencia de Pesos</b> | <b>Tasa de Descomposición</b> | <b><math>\bar{X}</math></b> |
| <b>Grupo 6</b>                               | Probeta 1           | 0.58                | 0.3               | 0.28                       | 48.28%                        | 44.94%                      |
|  | Probeta 2           | 0.62                | 0.34              | 0.28                       | 45.16%                        |                             |
|  | Probeta 3           | 0.58                | 0.34              | 0.24                       | 41.38%                        |                             |
| <b>Grupo 7</b>                               | Probeta 1           | 0.44                | 0.23              | 0.21                       | 47.73%                        | 45.20%                      |
|  | Probeta 2           | 0.45                | 0.26              | 0.19                       | 42.22%                        |                             |
|  | Probeta 3           | 0.46                | 0.25              | 0.21                       | 45.65%                        |                             |
| <b>Grupo 8</b>                               | Probeta 1           | 0.61                | 0.37              | 0.24                       | 39.34%                        | 40.43%                      |
|  | Probeta 2           | 0.5                 | 0.28              | 0.22                       | 44.00%                        |                             |
|  | Probeta 3           | 0.58                | 0.36              | 0.22                       | 37.93%                        |                             |
| <b>Grupo 9</b>                               | Probeta 1           | 1.00                | 0.71              | 0.29                       | 29.00%                        | 30.26%                      |
|  | Probeta 2           | 0.97                | 0.69              | 0.28                       | 28.87%                        |                             |
|  | Probeta 3           | 0.82                | 0.55              | 0.27                       | 32.93%                        |                             |

**Nota:** La tabla muestra los resultados de la tasa de biodegradabilidad (%) de los bioplásticos obtenidos a partir de la pepa de palta, expresada por la pérdida de peso.

Para analizar los resultados de biodegradación desde una mejor perspectiva, se presentan los datos en forma de promedios en la Figura 40, que ilustra las variaciones entre los diferentes grupos experimentales. Esto permite visualizar claramente cómo las concentraciones de componentes influyen en la biodegradabilidad de cada grupo, facilitando una comprensión más detallada de sus efectos.

**Figura 40:**

*Resultados de la Biodegradabilidad (%) de los Bioplásticos obtenidos del almidón de la pepa de la palta.*



En ese sentido, se ratifica que la composición de los bioplásticos juega un papel crucial en su comportamiento ambiental, como se observa en la Figura 40, donde el Grupo 1 alcanza un promedio de tasa de biodegradabilidad del 60.08%, mientras que el Grupo 9 muestra un promedio significativamente más bajo de 30.33%.

## 4.2 Proceso de prueba de hipótesis

### 4.2.1 Proceso de prueba de hipótesis general

En esta investigación, se formuló la hipótesis general: "Los rechazos de pepas de palta (*Persea americana*) variedad Hass pueden ser utilizados para producir un bioplástico con características óptimas". Los resultados obtenidos confirmaron esta

hipótesis, destacando especialmente al grupo experimental 1, que presentó los valores estandarizados más altos en cuanto a propiedades mecánicas y biodegradabilidad.

## 4.2.2 *Proceso de prueba de hipótesis específicos*

### 4.2.2.1 Verificación de supuestos

#### 4.2.2.1.1 *Prueba de Normalidad*

En esta investigación se utilizó un nivel de significancia del 5% ( $\alpha = 0.05$ ), lo que corresponde a un grado de confianza del 95% ( $1 - \alpha = 0.95$ ). Dado que el tamaño de la muestra es inferior a 50 observaciones ( $n < 50$ ), se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk como estadístico para evaluar la normalidad de los datos analizados.

- Si  $p - \text{valor} < 0.05 \rightarrow$  Se rechaza la  $H_0$ .
- Si  $p - \text{valor} \geq 0.05 \rightarrow$  Se acepta la  $H_0$ .

Las hipótesis son:

- $H_0$ : Los datos de los bioplásticos siguen una distribución normal.

$$H_0: X = N(\mu, \sigma^2)$$

- $X$ : Variable en estudio.
- $N(\mu, \sigma^2)$ : distribución normal con media  $\mu$  y varianza  $\sigma^2$
- $H_a$ : Los datos de los bioplásticos no siguen una distribución normal.

$$H_a: X \neq N(\mu, \sigma^2)$$

- Lo anterior implica que la variable X no se ajusta a una distribución normal.

❖ **Evaluación de la normalidad en los datos de resistencia a la tracción.**

▪ Definición de las hipótesis:

- **Hipótesis Nula ( $H_0$ ):** Los datos de resistencia a tracción (MPa) de los bioplásticos siguen una distribución normal.
- **Hipótesis Alternativa ( $H_1$  o  $H_a$ ):** Los datos de resistencia a tracción (MPa) de los bioplásticos no siguen una distribución normal.

▪ Definición de la prueba de significancia:

Para los datos de resistencia a la tracción se ha elegido un nivel de significancia del 5% ( $\alpha = 0.05$ ) y, por lo tanto, un nivel de confianza del 95% para las pruebas de hipótesis. Esta elección se basa en que el 5% es un estándar comúnmente aceptado que proporciona un equilibrio adecuado entre el riesgo de cometer errores tipo I y tipo II.

▪ Selección de la Prueba Estadística:

Se ha seleccionado la prueba de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de los datos, dado que la muestra consta de menos de 50 datos y, además, por ser conocida por su eficacia en identificar desviaciones de la normalidad en conjuntos reducidos. A continuación, se calculará el *p-valor*: si este es menor a 0.05, se rechazará la hipótesis nula ( $H_0$ ). Por el contrario, si el *p-valor* es mayor o igual a 0.05, se aceptará la hipótesis nula y se rechazará la hipótesis alternativa ( $H_a$ ).

- Decisión estadística para los datos de resistencia a la tracción:

**Tabla 11:**

*Prueba de Normalidad para los datos de Resistencia a la Tracción.*

| <b>Prueba de normalidad mediante la Prueba Estadística</b> |                      |                |
|--|----------------------|----------------|
| <b>Shapiro-Wilk para la Resistencia a la Tracción</b>      |                      |                |
| <b>Grupos</b>  | <b>Estadístico_W</b> | <b>P_valor</b> |
| <b>Experimentales</b>                                      | 0.87005              | 0.1231         |

**Nota:** La tabla presenta los resultados de la prueba de normalidad aplicada a los promedios de cada experimento, que incluye un total de 9 datos promedio.

En la tabla que muestra los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para los datos de resistencia a la tracción, se presenta un estadístico  $W$  de 0.87005, que sugiere que los datos se distribuyen de manera relativamente normal. Además, el  $p$ -valor es de 0.1231, lo que es relevante porque, al ser mayor que 0.05, indica que no tenemos suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de normalidad. Esto significa que podemos considerar que los datos analizados siguen un patrón normal.

❖ **Evaluación de la normalidad en los datos de fuerza de elongación**

- Definición de las hipótesis:
  - **Hipótesis Nula ( $H_0$ ):** Los datos de fuerza de elongación (%) de los bioplásticos siguen una distribución normal.

- ***Hipótesis Alternativa (H1 o Ha):*** Los datos de fuerza de elongación (%) de los bioplásticos no siguen una distribución normal.

- Definición de la prueba de significancia:

Para los datos de fuerza de elongación se ha elegido un nivel de significancia del 5% ( $\alpha = 0.05$ ) y, por lo tanto, un nivel de confianza del 95% para las pruebas de hipótesis. Esta elección se basa en que el 5% es un estándar comúnmente aceptado que proporciona un equilibrio adecuado entre el riesgo de cometer errores tipo I y tipo II.

- Selección de la Prueba Estadística:

Se ha seleccionado la prueba de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de los datos, dado que la muestra consta de menos de 50 datos y, además, por ser conocida por su eficacia en identificar desviaciones de la normalidad en conjuntos reducidos. A continuación, se calculará el *p-valor*: si este es menor a 0.05, se rechazará la hipótesis nula ( $H_0$ ). Por el contrario, si el *p-valor* es mayor o igual a 0.05, se aceptará la hipótesis nula y se rechazará la hipótesis alternativa ( $H_a$ ).

- Decisión estadística para los datos de fuerza de elongación:

**Tabla 12:**

*Prueba de Normalidad para los datos de Fuerza de elongación.*

| Prueba de normalidad mediante la Prueba Estadística Shapiro-Wilk para la Fuerza de Elongación |               |         |
|---|---------------|---------|
| Grupos  | Estadístico_W | P_valor |
| Experimentales  | 0.93849       | 0.5661  |

**Nota:** La tabla presenta los resultados de la prueba de normalidad aplicada a los promedios de cada experimento, que incluye un total de 9 datos promedio.

En la tabla 10 presenta los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para los datos de fuerza de elongación, se observa un estadístico  $W$  de 0.93849, lo que sugiere que los datos están relativamente cerca de una distribución normal. Además, el  $p$ -valor es de 0.5661. Este valor es significativo, ya que, al ser mayor que 0.05, indica que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de normalidad. Por lo tanto, podemos concluir que los datos de fuerza de elongación analizados se distribuyen de manera normal.

❖ **Evaluación de la normalidad en los datos de biodegradabilidad**

- Definición de las hipótesis:
  - **Hipótesis Nula ( $H_0$ ):** Los datos de biodegradabilidad (%) de los bioplásticos siguen una distribución normal.

- **Hipótesis Alternativa ( $H_1$  o  $H_a$ ):** Los datos de biodegradabilidad (%) de los bioplásticos no siguen una distribución normal.

▪ Definición de la prueba de significancia:

Para los datos de biodegradabilidad se ha elegido un nivel de significancia del 5% ( $\alpha = 0.05$ ) y, por lo tanto, un nivel de confianza del 95% para las pruebas de hipótesis. Esta elección se basa en que el 5% es un estándar comúnmente aceptado que proporciona un equilibrio adecuado entre el riesgo de cometer errores tipo I y tipo II.

▪ Selección de la Prueba Estadística:

Se ha seleccionado la prueba de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de los datos, dado que la muestra consta de menos de 50 datos y, además, por ser conocida por su eficacia en identificar desviaciones de la normalidad en conjuntos reducidos. A continuación, se calculará el *p-valor*: si este es menor a 0.05, se rechazará la hipótesis nula ( $H_0$ ). Por el contrario, si el *p-valor* es mayor o igual a 0.05, se aceptará la hipótesis nula y se rechazará la hipótesis alternativa ( $H_a$ ).

- Decisión estadística para los datos de biodegradabilidad:

**Tabla 13:**

*Prueba de Normalidad para los datos de biodegradabilidad.*

| Prueba de normalidad mediante la Prueba Estadística Shapiro-Wilk para la Biodegradabilidad |               |         |
|--|---------------|---------|
| Grupos   | Estadístico_W | P_valor |
| Experimentales   | 0.86687       | 0.1138  |

**Nota:** La tabla presenta los resultados de la prueba de normalidad aplicada a los promedios de cada experimento, que incluye un total de 9 datos promedio.

Los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk para la biodegradabilidad revelan un estadístico  $W$  de 0.86687, lo que sugiere que los datos presentan una ligera desviación de la normalidad. Además, el  $p$ -valor asociado es de 0.1138. Dado que este valor es mayor que 0.05, no contamos con suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de normalidad. Por lo tanto, podemos concluir que los datos sobre biodegradabilidad pueden considerarse distribuidos de manera normal.

### ❖ **Conclusión de la prueba de normalidad**

La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada a los datos de resistencia a la tracción, fuerza de elongación y biodegradabilidad reveló que, en términos generales, estos datos pueden considerarse distribuidos de manera normal. En el caso de la resistencia a la tracción, el *p-valor* de 0.1231 respalda esta normalidad. De manera similar, la fuerza de elongación presenta un *p-valor* de 0.5661, lo que sugiere que también se ajusta a una distribución normal. En contraste, los datos de biodegradabilidad, con un estadístico *W* de 0.86687 y un *p-valor* de 0.1138, indican una ligera desviación de la normalidad, aunque no hay suficiente evidencia para rechazarla. En conjunto, estos resultados sugieren que los datos de resistencia a la tracción, fuerza de elongación y biodegradabilidad son aptos para análisis estadísticos que asumen normalidad.

#### **4.2.2.1.2 Prueba de Homogeneidad de varianzas**

Habiendo hallado la normalidad de los datos de los tres objetivos específicos: resistencia a la tracción, fuerza de elongación y biodegradabilidad, se procederá a realizar la prueba de homogeneidad de varianzas, siguiendo el mismo procedimiento aplicado en la prueba de normalidad, ya que gracias a este análisis se podrá asegurar que las varianzas entre los grupos son iguales, lo cual es un requisito fundamental para la validez de las pruebas estadísticas paramétricas que se aplicarán posteriormente, garantizando así la precisión de los resultados obtenidos.

❖ **Evaluación de la homogeneidad de varianzas en los datos de resistencia a la tracción.**

▪ Definición de las hipótesis:

- **Hipótesis Nula ( $H_0$ ):** Las varianzas de los datos de resistencia a la tracción son iguales (homogeneidad de varianzas).

$$\sigma^2_1 = \sigma^2_2 = \sigma^2_3 = \sigma^2_4 = \sigma^2_5 = \sigma^2_6 = \sigma^2_7 = \sigma^2_8 = \sigma^2_9$$

Donde:  $\sigma^2$  representa la varianza y los índices 1, 2,...,9 corresponden a los diferentes grupos experimentales analizados.

- **Hipótesis Alternativa ( $H_1$  o  $H_a$ ):** Las varianzas de los datos de resistencia a la tracción no son iguales (no hay homogeneidad de varianzas).

$$\sigma^2_1 \neq \sigma^2_2 \neq \sigma^2_3 \neq \sigma^2_4 \neq \sigma^2_5 \neq \sigma^2_6 \neq \sigma^2_7 \neq \sigma^2_8 \neq \sigma^2_9$$

Donde:  $\sigma^2$  representa la varianza y los índices 1, 2,...,9 corresponden a los diferentes grupos experimentales analizados.

▪ Definición de la prueba de significancia:

Para los datos de resistencia a la tracción se ha elegido un nivel de significancia del 5% ( $\alpha = 0.05$ ) y, por lo tanto, un nivel de confianza del 95% para las pruebas de hipótesis. Esta elección se basa en que el 5% es un estándar comúnmente aceptado que proporciona un equilibrio adecuado entre el riesgo de cometer errores tipo I y tipo II.

- Selección de la Prueba Estadística:

Para determinar la homogeneidad de las varianzas en los datos de resistencia a la tracción, se aplicó la prueba de Levene. Esta decisión se basó en la necesidad de comprobar si las varianzas de los distintos grupos eran equivalentes, un requisito fundamental para la validez de los análisis estadísticos subsiguientes.

- Decisión estadística para los datos de resistencia a la tracción:

**Tabla 14:**

*Prueba de Homogeneidad de Varianza para los datos de Resistencia a la Tracción.*

---

**Prueba de homogeneidad de varianzas mediante Levene para la Resistencia a la Tracción**

---

| Denominación                     | Grados de libertad | F_value | P_valor |
|----------------------------------|--------------------|---------|---------|
| <b>Resistencia a la Tracción</b> | 8                  | 0.3451  | 0.9360  |

---

**Nota:** La tabla presenta los resultados de la prueba de homogeneidad de varianza aplicada a las 3 repeticiones de cada grupo experimental, que incluye un total de 27 datos.

Los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas mediante el método de Levene aplicada a los datos de resistencia a la tracción, muestra el *F-valor* fue 0.3451, lo que refleja una baja variación relativa entre las varianzas de los grupos, y el *p-valor* asociado fue

0.9360, mayor al nivel de significancia comúnmente utilizado ( $\alpha = 0.05$ ). Estos resultados indican que no hay evidencia estadísticamente significativa para rechazar la hipótesis nula de igualdad de varianzas, lo que permite concluir que las varianzas de los grupos son relativamente homogéneas.

❖ **Evaluación de la homogeneidad de varianzas en los datos de Fuerza de elongación.**

▪ Definición de las hipótesis:

- **Hipótesis Nula ( $H_0$ ):** Las varianzas de los datos de fuerza de elongación son iguales (homogeneidad de varianzas).

$$\sigma^2_1 = \sigma^2_2 = \sigma^2_3 = \sigma^2_4 = \sigma^2_5 = \sigma^2_6 = \sigma^2_7 = \sigma^2_8 = \sigma^2_9$$

Donde:  $\sigma^2$  representa la varianza y los índices 1, 2,...,9 corresponden a los diferentes grupos experimentales analizados.

- **Hipótesis Alternativa ( $H_1$  o  $H_a$ ):** Las varianzas de los datos de fuerza de elongación no son iguales (no hay homogeneidad de varianzas).

$$\sigma^2_1 \neq \sigma^2_2 \neq \sigma^2_3 \neq \sigma^2_4 \neq \sigma^2_5 \neq \sigma^2_6 \neq \sigma^2_7 \neq \sigma^2_8 \neq \sigma^2_9$$

Donde:  $\sigma^2$  representa la varianza y los índices 1, 2,...,9 corresponden a los diferentes grupos experimentales analizados.

▪ Definición de la prueba de significancia:

Para los datos de fuerza de elongación se ha elegido un nivel de significancia del 5% ( $\alpha = 0.05$ ) y, por lo tanto, un nivel de confianza del 95% para las pruebas de hipótesis. Esta elección se basa en que el 5%

es un estándar comúnmente aceptado que proporciona un equilibrio adecuado entre el riesgo de cometer errores tipo I y tipo II.

- Selección de la Prueba Estadística:

Para determinar la homogeneidad de las varianzas en los datos de fuerza de elongación, se aplicó la prueba de Levene. Esta decisión se basó en la necesidad de comprobar si las varianzas de los distintos grupos eran equivalentes, un requisito fundamental para la validez de los análisis estadísticos subsiguientes.

- Decisión estadística para los datos de fuerza de elongación:

**Tabla 15:**

*Prueba de Homogeneidad de Varianza para los datos de Fuerza de elongación.*

| <b>Prueba de homogeneidad de varianzas mediante Levene para la Fuerza de elongación</b> |                    |         |         |
|---|--------------------|---------|---------|
| <b>Denominación</b>   | Grados de libertad | F_valor | P_valor |
| <b>Fuerza de elongación</b>   | 8                  | 0.3321  | 0.9422  |

**Nota:** La tabla presenta los resultados de la prueba de homogeneidad de varianza aplicada a las 3 repeticiones de cada grupo experimental, que incluye un total de 27 datos.

Los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas para los datos de fuerza de elongación, realizados mediante el método de

Levene, muestran un F-valor de 0.3321, lo que indica una baja variación relativa entre las varianzas de los grupos analizados. Además, el *p-valor* asociado fue de 0.9422, un valor significativamente superior al nivel de significancia comúnmente utilizado ( $\alpha = 0.05$ ). Estos resultados sugieren que no hay evidencia estadísticamente significativa para rechazar la hipótesis nula de igualdad de varianzas. Por lo tanto, se concluye que las varianzas de los grupos son homogéneas.

#### ❖ Evaluación de la homogeneidad de varianzas en los datos de Biodegradabilidad

- Definición de las hipótesis:

- **Hipótesis Nula ( $H_0$ ):** Las varianzas de los datos de biodegradabilidad son iguales (homogeneidad de varianzas).

$$\sigma^2_1 = \sigma^2_2 = \sigma^2_3 = \sigma^2_4 = \sigma^2_5 = \sigma^2_6 = \sigma^2_7 = \sigma^2_8 = \sigma^2_9$$

Donde:  $\sigma^2$  representa la varianza y los índices 1, 2,...,9 corresponden a los diferentes grupos experimentales analizados.

- **Hipótesis Alternativa ( $H_1$  o  $H_a$ ):** Las varianzas de los datos de biodegradabilidad no son iguales (no hay homogeneidad de varianzas).

$$\sigma^2_1 \neq \sigma^2_2 \neq \sigma^2_3 \neq \sigma^2_4 \neq \sigma^2_5 \neq \sigma^2_6 \neq \sigma^2_7 \neq \sigma^2_8 \neq \sigma^2_9$$

Donde:  $\sigma^2$  representa la varianza y los índices 1, 2,...,9 corresponden a los diferentes grupos experimentales analizados.

- Definición de la prueba de significancia:

Para los datos de biodegradabilidad se ha elegido un nivel de significancia del 5% ( $\alpha = 0.05$ ) y, por lo tanto, un nivel de confianza del 95% para las pruebas de hipótesis. Esta elección se basa en que el 5% es un estándar comúnmente aceptado que proporciona un equilibrio adecuado entre el riesgo de cometer errores tipo I y tipo II.

- Selección de la Prueba Estadística:

Para determinar la homogeneidad de las varianzas en los datos de biodegradabilidad, se aplicó la prueba de Levene. Esta decisión se basó en la necesidad de comprobar si las varianzas de los distintos grupos eran equivalentes, un requisito fundamental para la validez de los análisis estadísticos subsiguientes.

- Decisión estadística para los datos de biodegradabilidad:

**Tabla 16:**

*Prueba de Homogeneidad de Varianza para los datos de Biodegradabilidad*

| <b>Prueba de homogeneidad de varianzas mediante Levene para Biodegradabilidad</b> |                    |         |         |
|---|--------------------|---------|---------|
| <b>Denominación</b>   | Grados de libertad | F_value | P_valor |
| <b>Fuerza de elongación</b>   | 8                  | 0.7666  | 0.6360  |

**Nota:** La tabla presenta los resultados de la prueba de homogeneidad de varianza aplicada a las 3 repeticiones de cada grupo experimental, que incluye un total de 27 datos.

Los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas para los datos de biodegradabilidad, realizados mediante el método de Levene, muestran un F-valor de 0.7666. Este valor indica una baja variación relativa entre las varianzas de los grupos experimentales analizados. El *p-valor* asociado fue de 0.6360, un valor que excede el nivel de significancia comúnmente utilizado ( $\alpha = 0.05$ ). Esto sugiere que no hay evidencia estadísticamente significativa para rechazar la hipótesis nula de igualdad de varianzas. En consecuencia, se concluye que las varianzas de los grupos son homogéneas.

#### ❖ **Conclusión de la prueba de Homogeneidad de Varianza**

Los análisis de homogeneidad de varianzas realizados mediante la prueba de Levene para los datos de resistencia a la tracción, fuerza de elongación y biodegradabilidad demostraron que, en todos los casos, las varianzas de los grupos analizados pueden considerarse homogéneas. Esto se evidencia en los valores de *p-valor*, que en todos los casos fueron superiores al nivel de significancia comúnmente utilizado ( $\alpha = 0.05$ ). Estos resultados indican que no hay diferencias significativas entre las varianzas de los grupos experimentales.

#### **4.2.2.2 Prueba de hipótesis**

Para llevar a cabo la prueba de hipótesis, se aplicó el mismo procedimiento establecido para la verificación de los supuestos estadísticos. Una vez confirmados dichos supuestos, se procedió a ejecutar la prueba de varianza de la hipótesis correspondiente.

❖ **Hipótesis específica 1: Datos de resistencia a la tracción.**

▪ Definición de las hipótesis:

- **Hipótesis Nula ( $H_0$ ):** No hay diferencias en las medias de resistencia a la tracción entre los grupos.

$$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \dots = \mu_9$$

Donde:  $\mu$  representa la media y los índices 1, 2,...,9 corresponden a los diferentes grupos experimentales analizados.

- **Hipótesis Alternativa ( $H_1$  o  $H_a$ ):** Al menos una media de resistencia a la tracción es significativamente diferente entre los grupos.

▪ Definición de la prueba de significancia:

Para los datos de resistencia a la tracción se ha elegido un nivel de significancia del 5% ( $\alpha = 0.05$ ) y, por lo tanto, un nivel de confianza del 95% para las pruebas de hipótesis.

▪ Selección de la Prueba Estadística:

Para comparar las medias de los 9 grupos, y basándose en los resultados obtenidos anteriormente para los datos de resistencia a la tracción, se procedió a realizar la prueba estadística de ANOVA. Esta prueba permitió determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los grupos analizados, asegurando así una evaluación más precisa de los datos.

- Valor crítico y regla de decisión:

El valor crítico para el Test de ANOVA se determinó utilizando la tabla F de Fisher con  $k-1$  grados de libertad, donde  $k$  es el número de grupos comparados (numerador). En este caso, con 9 grupos, los grados de libertad son  $9-1=8$ . Además, se considera el valor de  $N-k$  para el denominador, donde  $N$  es el número de repeticiones de cada grupo multiplicado por el número total de grupos. Para un nivel de confianza del 95% y un error  $\alpha=0.05$ , el valor crítico correspondiente es 2.510. Esto significa que, si la estadística de prueba calculada es mayor que este valor crítico, se procederá a rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ), sugiriendo que existen diferencias significativas entre al menos uno de los grupos.

La regla de decisión para el ANOVA establece que, si el valor  $F$  calculado es mayor que 2.510, se debe rechazar la hipótesis nula. Por el contrario, si el valor  $F$  calculado es menor o igual a 2.510, no se rechazará la hipótesis nula, lo que indica que no hay evidencia suficiente para concluir que hay diferencias significativas entre las medias de los grupos.

- Decisión estadística para los datos de Resistencia a la tracción.

**Tabla 17:**

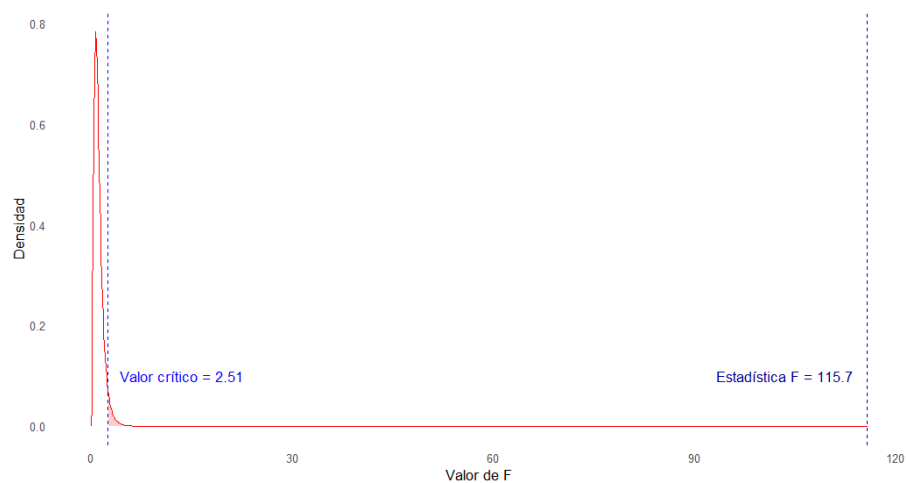
*Prueba ANOVA para los datos de Resistencia a la tracción.*

| <b>Análisis ANOVA para datos de Resistencia a la tracción</b> |                    |                   |                      |         |          |
|---|--------------------|-------------------|----------------------|---------|----------|
|   | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F-Valor | Pr(>F)   |
| <b>Grupo</b>  | 8                  | 28.721            | 3.590                | 115.7   | 6.99e-14 |
| <b>Error</b>  | 18                 | 0.559             | 0.031                |         |          |

**Nota:** La tabla presenta los resultados de la prueba ANOVA a las 3 repeticiones de cada grupo experimental, que incluye un total de 27 datos.

**Figura 41:**

*Valor crítico y valor del estadístico(F) para los datos de Resistencia a la tracción*



Los resultados de la prueba ANOVA para los datos de Resistencia a la tracción muestran que hay 8 grados de libertad para los grupos, lo que indica que se analizaron 9 grupos en total, y 18 grados

de libertad para el error, sumando un total de 27 observaciones. La suma de cuadrados para los grupos es 28.721, mientras que para el error es 0.559, sugiriendo que la variabilidad entre los grupos es significativamente mayor que dentro de los grupos. El cuadrado de la media para los grupos es 3.590, comparado con 0.031 para el error, reflejando la misma tendencia de mayor variabilidad entre grupos. El valor  $F$  calculado es 115.7, lo cual es mucho mayor que el valor crítico de 2.510, indicando diferencias significativas entre los grupos. Además, el valor  $p$  asociado es extremadamente bajo ( $6.99e-14$ ), confirmando que las diferencias observadas no son producto del azar y respaldan el rechazo de la hipótesis nula. En este contexto, se llevó a cabo la prueba Post hoc para identificar el grupo más eficiente en el rubro analizado.

- Prueba Post Hoc de Tukey

**Tabla 18:**

*Prueba Post Hoc de Tukey en datos de Resistencia a la tracción*

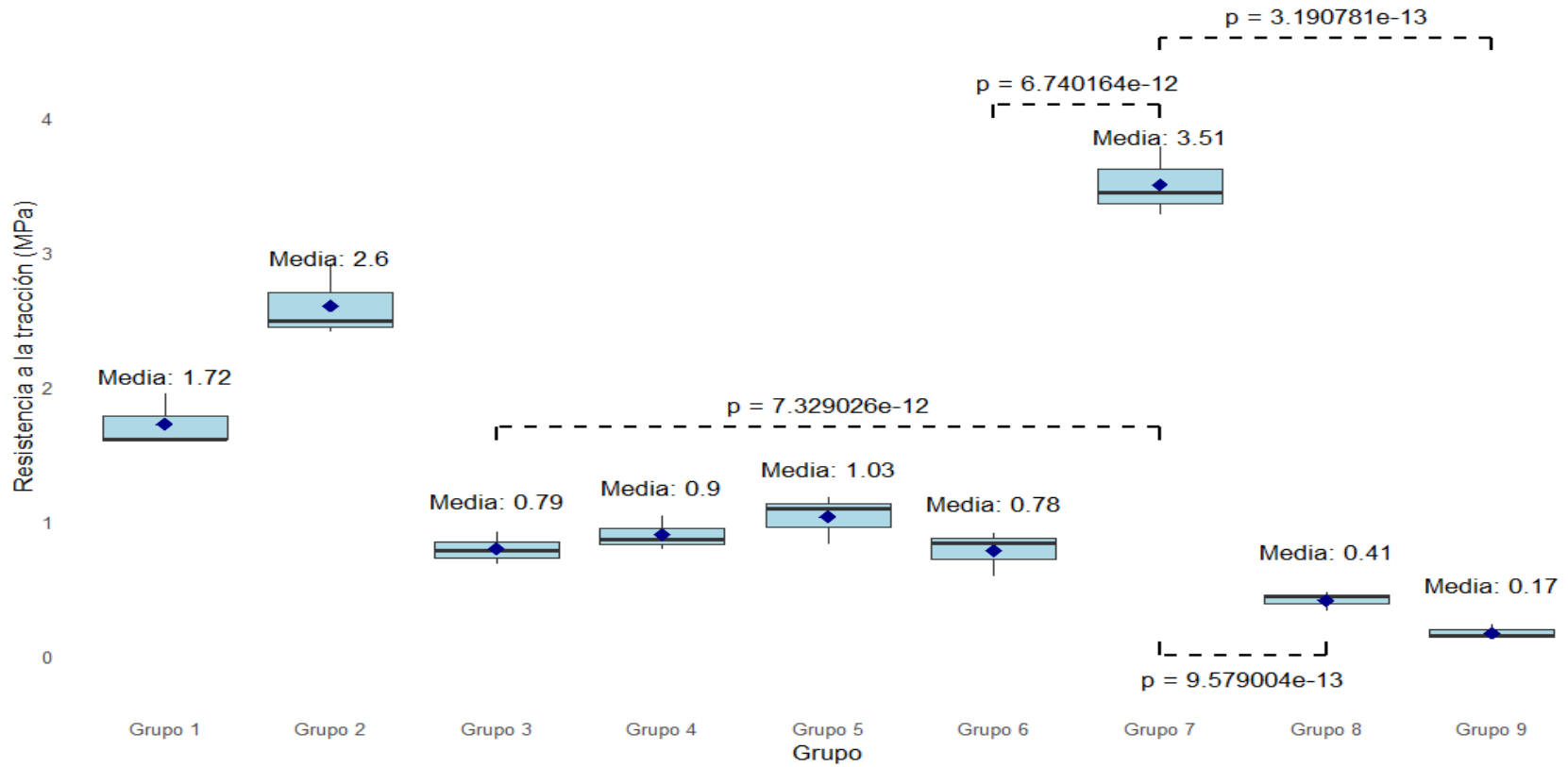
| N° | Tukey<br>Agrupamiento | Magnitud de<br>diferencias | P_adj         |
|----|-----------------------|----------------------------|---------------|
| 1  | 9-7                   | -3.34000000                | 3.1907810e-13 |
| 2  | 8-7                   | -3.09333333                | 9.5790043e-13 |
| 3  | 7-6                   | 2.72666667                 | 6.7401640e-12 |
| 4  | 7-3                   | 2.71333333                 | 7.3290263e-12 |
| 5  | 7-4                   | 2.61000000                 | 1.4477530e-11 |
| 6  | 7-5                   | 2.47333333                 | 3.8133496e-11 |
| 7  | 9-2                   | -2.43666667                | 4.9892090e-11 |
| 8  | 8-2                   | -2.19000000                | 3.1984126e-10 |
| 9  | 6-2                   | -1.82333333                | 6.3830934e-09 |
| 10 | 3-2                   | -1.81000000                | 7.1856403e-09 |
| 11 | 7-1                   | 1.78333333                 | 9.1279726e-09 |
| 12 | 4-2                   | -1.70666667                | 1.8486184e-08 |

| N° | Tukey<br>Agrupamiento | Magnitud de<br>diferencias | P_adj         |
|----|-----------------------|----------------------------|---------------|
| 13 | 5-2                   | -1.57000000                | 6.9423694e-08 |
| 14 | 9-1                   | -1.55666667                | 7.9347581e-08 |
| 15 | 8-1                   | -1.31000000                | 1.0998085e-06 |
| 16 | 6-1                   | -0.94333333                | 1.0237934e-04 |
| 17 | 3-1                   | -0.93000000                | 1.2251676e-04 |
| 18 | 7-2                   | 0.90333333                 | 1.7596239e-04 |
| 19 | 2-1                   | 0.88000000                 | 2.4228428e-04 |
| 20 | 9-5                   | -0.86666667                | 2.9123138e-04 |
| 21 | 4-1                   | -0.82666667                | 5.0838379e-04 |
| 22 | 9-4                   | -0.73000000                | 2.0060718e-03 |
| 23 | 5-1                   | -0.69000000                | 3.5662395e-03 |
| 24 | 9-3                   | -0.62666667                | 8.8825776e-03 |
| 25 | 8-5                   | -0.62000000                | 9.7756073e-03 |
| 26 | 9-6                   | -0.61333333                | 1.0757240e-02 |
| 27 | 8-4                   | -0.48333333                | 6.5985233e-02 |
| 28 | 8-3                   | -0.38000000                | 2.3591897e-01 |
| 29 | 8-6                   | -0.36666667                | 2.7268221e-01 |
| 30 | 6-5                   | -0.25333333                | 7.0442472e-01 |
| 31 | 9-8                   | -0.24666667                | 7.3096140e-01 |
| 32 | 5-3                   | 0.24000000                 | 7.5673407e-01 |
| 33 | 5-4                   | 0.13666667                 | 9.8609241e-01 |
| 34 | 6-4                   | -0.11666667                | 9.9495982e-01 |
| 35 | 4-3                   | 0.10333333                 | 9.9778205e-01 |
| 36 | 6-3                   | -0.01333333                | 1.0000000e+00 |

**Nota:** La tabla presenta los resultados de la prueba *Post Hoc* de Tukey para los datos de Resistencia a la Tracción. Los resultados están organizados en orden ascendente según el valor ajustado P\_ajustado.

**Figura 42:**

*Comparación resistencia a la tracción por cada grupo.*



Según la gráfica 42, el Grupo 7 se destaca como el más resistente a la tracción, con una media de 3.51. Esto se corrobora con la tabla de la prueba Post Hoc de Tukey (tabla 16), que muestra diferencias significativas entre el Grupo 7 y otros grupos. Por ejemplo, la comparación entre los grupos 9 y 7 tiene una magnitud de diferencia de -3.34, con un *p-valor* ajustado de  $3.190781 \times 10^{-13}$ , indicando una diferencia altamente significativa. La gráfica también muestra que, además del Grupo 7, otros grupos como el 9 y el 8 tienen medias de resistencia mucho más bajas, con valores de 0.17 y 0.41 respectivamente. Estos resultados se reflejan en la tabla, donde las comparaciones entre estos grupos y el Grupo 7 resultan en *p-valores* muy bajos, señalando diferencias estadísticamente significativas, que podrían estar influenciadas por las cantidades de insumos usadas en los experimentos.

❖ **Hipótesis específica 2: Datos de fuerza de elongación.**

▪ Definición de las hipótesis:

- **Hipótesis Nula (H0):** No hay diferencias en las medias de fuerza de elongación entre los grupos.

$$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \dots = \mu_9$$

Donde:  $\mu$  representa la media y los índices 1, 2,...,9 corresponden a los diferentes grupos experimentales analizados.

- **Hipótesis Alternativa ( $H_1$  o  $H_a$ ):** Al menos una media de fuerza de elongación es significativamente diferente entre los grupos.

▪ Definición de la prueba de significancia:

Para los datos de fuerza de elongación se ha elegido un nivel de significancia del 5% ( $\alpha = 0.05$ ) y, por lo tanto, un nivel de confianza del 95% para las pruebas de hipótesis.

▪ Selección de la Prueba Estadística:

Para comparar las medias de los 9 grupos, y basándose en los resultados obtenidos anteriormente para los datos de fuerza de elongación, se procedió a realizar la prueba estadística de ANOVA. Esta prueba permitió determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los grupos analizados, asegurando así una evaluación más precisa de los datos.

▪ Valor crítico y regla de decisión:

El valor crítico para el Test de ANOVA se determinó utilizando la tabla F de Fisher con  $k-1$  grados de libertad, donde  $k$  es el número de grupos comparados (numerador). En este caso, con 9 grupos, los grados de libertad son  $9-1=8$ . Además, se considera el valor de  $N-k$  para el denominador, donde  $N$  es el número de repeticiones de cada grupo multiplicado por el número total de grupos. Para un nivel de confianza del 95% y un error  $\alpha=0.05$ , el valor crítico correspondiente es 2.510. Esto significa que, si la

estadística de prueba calculada es mayor que este valor crítico, se procederá a rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ), sugiriendo que existen diferencias significativas entre al menos uno de los grupos.

La regla de decisión para el ANOVA establece que, si el valor  $F$  calculado es mayor que 2.510, se debe rechazar la hipótesis nula. Por el contrario, si el valor  $F$  calculado es menor o igual a 2.510, no se rechazará la hipótesis nula, lo que indica que no hay evidencia suficiente para concluir que hay diferencias significativas entre las medias de los grupos.

- Decisión estadística para los datos de Fuerza de elongación.

**Tabla 19:**

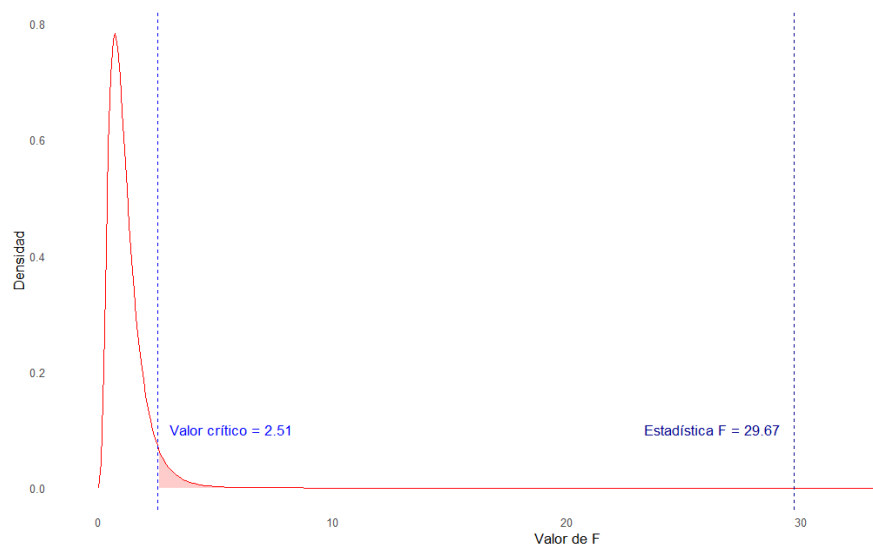
*Prueba ANOVA para los datos de Fuerza de Elongación.*

| <b>Análisis ANOVA para datos de Fuerza de elongación</b> |                    |                   |                      |         |         |
|--|--------------------|-------------------|----------------------|---------|---------|
|  | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F-Valor | Pr(>F)  |
| <b>Grupo</b>   | 8                  | 2701.3            | 337.7                | 29.67   | 7.77e-9 |
| <b>Error</b>   | 18                 | 204.9             | 11.4                 |         |         |

**Nota:** La tabla presenta los resultados de la prueba ANOVA a las 3 repeticiones de cada grupo experimental, que incluye un total de 27 datos.

**Figura 43:**

*Valor crítico y valor del estadístico(F) para los datos de Fuerza de elongación.*



Los resultados de la prueba ANOVA para los datos de Fuerza de Elongación indican que existen 8 grados de libertad para los grupos, lo que implica que se analizaron un total de 9 grupos, y 18 grados de libertad para el error, sumando así 27 observaciones en total. La suma de cuadrados para los grupos es de 2701.3, lo que refleja la variabilidad entre las medias de los grupos, mientras que la suma de cuadrados del error es de 204.9, lo que señala la variabilidad dentro de cada grupo. El cuadrado de la media para los grupos es de 337.7 y para el error es de 11.4, lo que da lugar a un F-Valor de 29.67. Este valor sugiere que la variabilidad entre los grupos es considerablemente mayor que la variabilidad dentro de ellos. Con un *p-valor* de  $7.77e-9$ , se concluye que existen diferencias significativas en la Fuerza de Elongación entre los

grupos analizados, lo que indica que al menos uno de los grupos difiere significativamente de los demás. En este contexto, se realizó una prueba Post hoc para identificar cuál es el grupo más eficiente en el rubro analizado.

- Prueba Post Hoc de Tukey

**Tabla 20:**

*Prueba Post Hoc de Tukey en datos de Fuerza de Elongación*

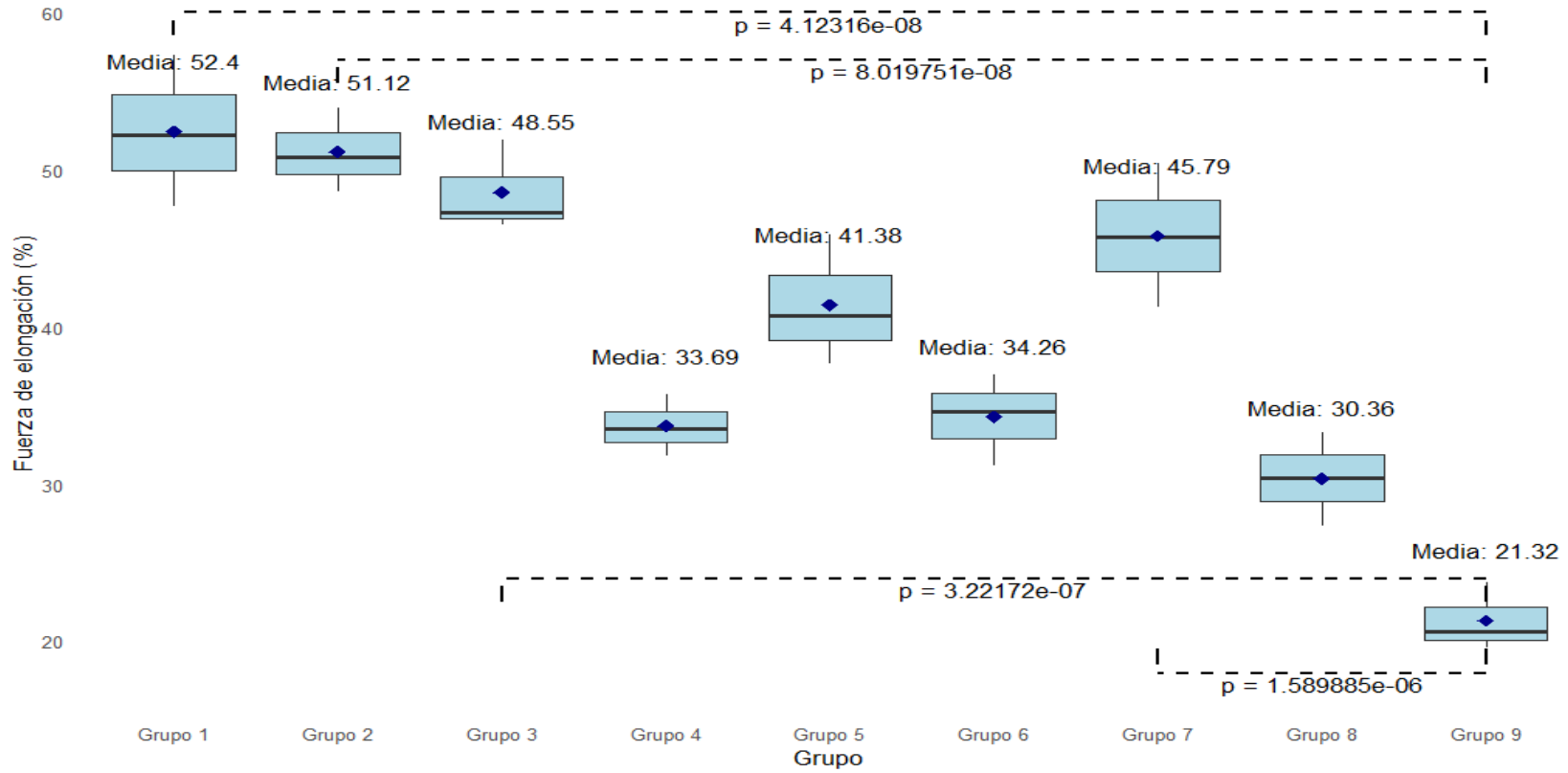
| Nº | Tukey<br>Agrupamiento | Magnitud de<br>diferencias | P_adj        |
|----|-----------------------|----------------------------|--------------|
| 1  | 9-1                   | -31.0800000                | 4.123160e-08 |
| 2  | 9-2                   | -29.7933333                | 8.019751e-08 |
| 3  | 9-3                   | -27.2266667                | 3.221720e-07 |
| 4  | 9-7                   | -24.4700000                | 1.589885e-06 |
| 5  | 8-1                   | -22.0466667                | 7.119620e-06 |
| 6  | 8-2                   | -20.7600000                | 1.639446e-05 |
| 7  | 9-5                   | -20.0600000                | 2.610033e-05 |
| 8  | 4-1                   | -18.7166667                | 6.512373e-05 |
| 9  | 8-3                   | -18.1933333                | 9.370650e-05 |
| 10 | 6-1                   | -18.1400000                | 9.726962e-05 |
| 11 | 4-2                   | -17.4300000                | 1.605105e-04 |
| 12 | 6-2                   | -16.8533333                | 2.423931e-04 |
| 13 | 8-7                   | -15.4366667                | 6.798594e-04 |
| 14 | 4-3                   | -14.8633333                | 1.038828e-03 |
| 15 | 6-3                   | -14.2866667                | 1.596142e-03 |
| 16 | 9-6                   | -12.9400000                | 4.386438e-03 |
| 17 | 9-4                   | -12.3633333                | 6.770549e-03 |
| 18 | 7-4                   | 12.1066667                 | 8.211511e-03 |
| 19 | 7-6                   | 11.5300000                 | 1.265028e-02 |
| 20 | 8-5                   | -11.0266667                | 1.839850e-02 |
| 21 | 5-1                   | -11.0200000                | 1.848960e-02 |
| 22 | 5-2                   | -9.7333333                 | 4.718582e-02 |
| 23 | 9-8                   | -9.0333333                 | 7.700372e-02 |
| 24 | 5-4                   | 7.6966667                  | 1.839213e-01 |
| 25 | 5-3                   | -7.1666667                 | 2.514457e-01 |
| 26 | 6-5                   | -7.1200000                 | 2.581829e-01 |
| 27 | 7-1                   | -6.6100000                 | 3.402566e-01 |

| N° | Tukey<br>Agrupamiento | Magnitud de<br>diferencias | P_adj        |
|----|-----------------------|----------------------------|--------------|
| 28 | 7-2                   | -5.3233333                 | 6.024598e-01 |
| 29 | 7-5                   | 4.4100000                  | 7.926939e-01 |
| 30 | 8-6                   | -3.9066667                 | 8.766680e-01 |
| 31 | 3-1                   | -3.8533333                 | 8.842620e-01 |
| 32 | 8-4                   | -3.3300000                 | 9.441613e-01 |
| 33 | 7-3                   | -2.7566667                 | 9.809165e-01 |
| 34 | 3-2                   | -2.5666667                 | 9.876882e-01 |
| 35 | 2-1                   | -1.2866667                 | 9.999017e-01 |
| 36 | 6-4                   | 0.5766667                  | 9.999998e-01 |

**Nota:** La tabla presenta los resultados de la prueba *Post Hoc* de Tukey para los datos de Fuerza de Elongación. Los resultados están organizados en orden ascendente según el valor ajustado P\_ajustado.

**Figura 44:**

*Comparación Fuerza de elongación por cada grupo.*



Según la Tabla 18 y el Gráfico 44 muestran que el Grupo 1 es el más resistente en términos de fuerza de elongación, con una media de 52.4 y un *p-valor* de  $4.123160 \times 10^{-8}$  en comparación con el Grupo 9, lo que indica una diferencia altamente significativa. Además, el Grupo 2 también supera al Grupo 9 con un *p-valor* de  $8.019751 \times 10^{-8}$ , mientras que el Grupo 3 presenta una diferencia relevante con un *p-valor* de  $3.221720 \times 10^{-7}$ . Aunque el Grupo 8 tiene un rendimiento inferior, las comparaciones con el Grupo 1 y Grupo 2 muestran diferencias significativas, que podrían estar influenciadas por las cantidades de insumos usadas en los experimentos.

❖ **Hipótesis 3: Datos de Biodegradabilidad.**

▪ Definición de las hipótesis:

- ***Hipótesis Nula (H0):*** No hay diferencias en las medias de los datos de biodegradabilidad entre los grupos.

$$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \dots = \mu_9$$

Donde:  $\mu$  representa la media y los índices 1, 2,...,9 corresponden a los diferentes grupos experimentales analizados.

- ***Hipótesis Alternativa (H1 o Ha):*** Al menos una media de los datos de biodegradabilidad es significativamente diferente entre los grupos.

- Definición de la prueba de significancia:

Para los datos de biodegradabilidad se ha elegido un nivel de significancia del 5% ( $\alpha = 0.05$ ) y, por lo tanto, un nivel de confianza del 95% para las pruebas de hipótesis.

- Selección de la Prueba Estadística:

Para comparar las medias de los 9 grupos, y basándose en los resultados obtenidos anteriormente para los datos de biodegradabilidad, se procedió a realizar la prueba estadística de ANOVA. Esta prueba permitió determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los grupos analizados, asegurando así una evaluación más precisa de los datos.

- Valor crítico y regla de decisión:

El valor crítico para el Test de ANOVA se determinó utilizando la tabla F de Fisher con  $k-1$  grados de libertad, donde  $k$  es el número de grupos comparados (numerador). En este caso, con 9 grupos, los grados de libertad son  $9-1=8$ . Además, se considera el valor de  $N-k$  para el denominador, donde  $N$  es el número de repeticiones de cada grupo multiplicado por el número total de grupos. Para un nivel de confianza del 95% y un error  $\alpha=0.05$ , el valor crítico correspondiente es 2.510. Esto significa que, si la estadística de prueba calculada es mayor que este valor crítico, se procederá a rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ), sugiriendo que existen diferencias significativas entre al menos uno de los grupos.

La regla de decisión para el ANOVA establece que, si el valor  $F$  calculado es mayor que 2.510, se debe rechazar la hipótesis nula. Por el contrario, si el valor  $F$  calculado es menor o igual a 2.510, no se rechazará la hipótesis nula, lo que indica que no hay evidencia suficiente para concluir que hay diferencias significativas entre las medias de los grupos.

- Decisión estadística para los datos de Biodegradabilidad.

**Tabla 21:**

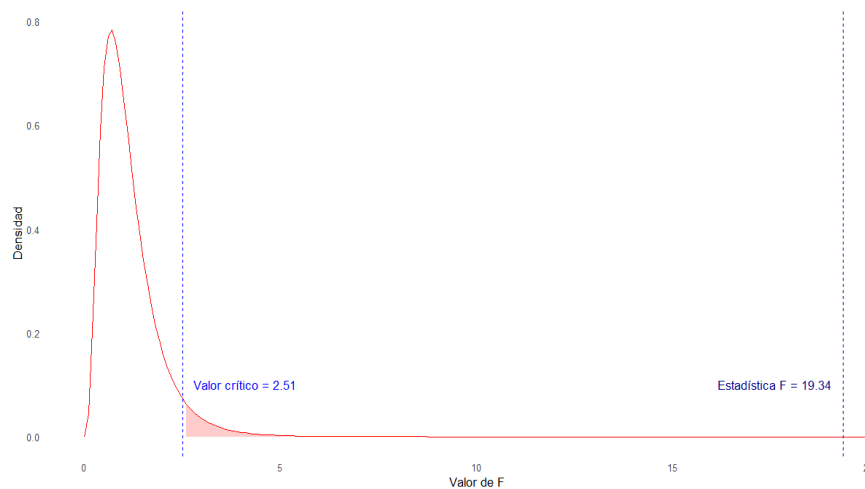
*Prueba ANOVA para los datos de Biodegradabilidad.*

| <b>Análisis ANOVA para datos de Biodegradabilidad</b> |                    |                   |                      |         |          |
|---|--------------------|-------------------|----------------------|---------|----------|
|   | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F-Valor | Pr(>F)   |
| <b>Grupo</b>  | 8                  | 1965.3            | 245.7                | 19.34   | 2.38e-07 |
| <b>Error</b>  | 18                 | 228.7             | 12.7                 |         |          |

**Nota:** La tabla presenta los resultados de la prueba ANOVA a las 3 repeticiones de cada grupo experimental, que incluye un total de 27 datos.

**Figura 45:**

*Valor crítico y valor del estadístico(F) para los datos de Biodegradabilidad*



Los resultados de la prueba ANOVA para los datos de Biodegradabilidad muestran que hay 8 grados de libertad para los grupos, lo que indica que se analizaron 9 grupos en total, y 18 grados de libertad para el error, sumando un total de 27 observaciones. La suma de cuadrados para los grupos es 1965.3, mientras que para el error es 228.7, sugiriendo que la variabilidad entre los grupos es significativamente mayor que dentro de los grupos. El cuadrado de la media para los grupos es 245.7, comparado con 12.7 para el error, reflejando la misma tendencia de mayor variabilidad entre grupos. El valor  $F$  calculado es 19.34, lo cual es mucho mayor que el valor crítico de 2.51, indicando diferencias significativas entre los grupos. Además, el valor  $p$  asociado es extremadamente bajo ( $2.38e-07$ ), confirmando que las diferencias observadas no son producto del azar y respaldan el

rechazo de la hipótesis nula. En este contexto, se llevó a cabo la prueba Post hoc para identificar el grupo más eficiente en el rubro analizado.

- Prueba Post Hoc de Tukey

**Tabla 22:**

*Prueba Post Hoc de Tukey en datos de Biodegradabilidad*

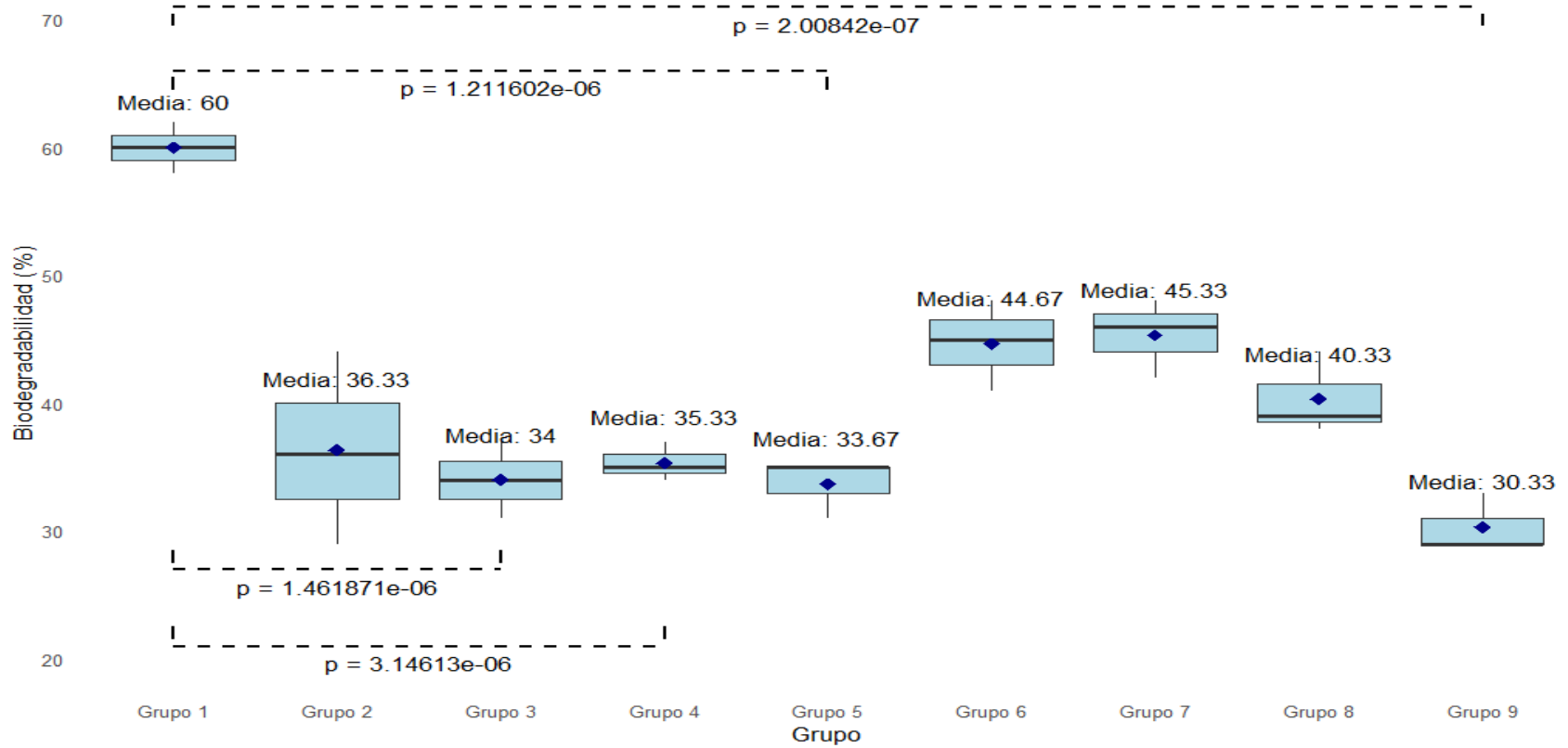
| Nº | Tukey<br>Agrupamiento | Magnitud de<br>diferencias | P_adj        |
|----|-----------------------|----------------------------|--------------|
| 1  | 9-1                   | -0.194698045               | 2.008420e-07 |
| 2  | 5-1                   | -0.161364712               | 1.211602e-06 |
| 3  | 3-1                   | -0.158031378               | 1.461871e-06 |
| 4  | 4-1                   | -0.144698045               | 3.146130e-06 |
| 5  | 2-1                   | -0.134698045               | 5.682799e-06 |
| 6  | 8-1                   | -0.094698045               | 6.984991e-05 |
| 7  | 6-1                   | -0.051364712               | 1.347364e-03 |
| 8  | 9-7                   | -0.048031378               | 1.705234e-03 |
| 9  | 7-1                   | -0.044698045               | 2.159644e-03 |
| 10 | 9-6                   | -0.041364712               | 2.736672e-03 |
| 11 | 7-5                   | 0.218635288                | 1.817644e-02 |
| 12 | 7-3                   | 0.215301955                | 2.294745e-02 |
| 13 | 6-5                   | 0.211968622                | 2.891886e-02 |
| 14 | 6-3                   | 0.208635288                | 3.636503e-02 |
| 15 | 7-4                   | 0.201968622                | 5.703203e-02 |
| 16 | 9-8                   | 0.001968622                | 5.703203e-02 |
| 17 | 6-4                   | 0.195301955                | 8.818408e-02 |
| 18 | 7-2                   | 0.191968622                | 1.089227e-01 |
| 19 | 6-2                   | 0.185301955                | 1.634528e-01 |
| 20 | 8-5                   | 0.168635288                | 3.953939e-01 |
| 21 | 8-3                   | 0.165301955                | 4.582244e-01 |
| 22 | 9-2                   | 0.041968622                | 5.248263e-01 |
| 23 | 8-4                   | 0.151968622                | 7.292124e-01 |
| 24 | 9-4                   | 0.051968622                | 7.292124e-01 |
| 25 | 8-7                   | 0.051968622                | 7.292124e-01 |
| 26 | 8-6                   | 0.058635288                | 8.466645e-01 |
| 27 | 8-2                   | 0.141968622                | 8.934374e-01 |
| 28 | 9-3                   | 0.065301955                | 9.306802e-01 |
| 29 | 9-5                   | 0.068635288                | 9.583262e-01 |
| 30 | 5-2                   | 0.075301955                | 9.889136e-01 |
| 31 | 3-2                   | 0.078635288                | 9.953340e-01 |

| N° | Tukey<br>Agrupamiento | Magnitud de<br>diferencias | P_adj        |
|----|-----------------------|----------------------------|--------------|
| 32 | 5-4                   | 0.085301955                | 9.995562e-01 |
| 33 | 4-3                   | 0.115301955                | 9.999150e-01 |
| 34 | 4-2                   | 0.091968622                | 9.999906e-01 |
| 35 | 7-6                   | 0.108635288                | 9.999996e-01 |
| 36 | 5-3                   | 0.098635288                | 1.000000e+00 |

**Nota:** La tabla presenta los resultados de la prueba *Post Hoc* de Tukey para los datos de Biodegradabilidad. Los resultados están organizados en orden ascendente según el valor ajustado P\_ajustado.

**Figura 46:**

*Comparación de biodegradabilidad por cada grupo.*



Según la Figura 46, el Grupo 1 se destaca con la mayor biodegradabilidad, con una media de 60%. Este hallazgo está respaldado por los resultados de la prueba Post Hoc de Tukey (tabla 20), que muestra diferencias significativas entre el Grupo 1 y otros grupos. Por ejemplo, la comparación entre los grupos 9 y 1 presenta una magnitud de diferencia de -0.1947, con un *p-valor* ajustado de  $2.008420 \times 10^{-7}$ , indicando una diferencia altamente significativa. La gráfica también revela que, además del Grupo 1, otros grupos como el 9 y el 5 tienen medias de biodegradabilidad considerablemente más bajas, con valores de 30.33% y 33.67% respectivamente. Estas diferencias se reflejan en la tabla de Tukey, donde las comparaciones entre estos grupos y el Grupo 1 también resultan en *p-valores* muy bajos, señalando diferencias estadísticamente significativas, que podrían estar influenciadas por las cantidades de insumos usadas en los experimentos.

#### **4.2.3 Conclusiones de las hipótesis**

##### **A. Hipótesis general: Elaboración del bioplástico con características óptimas.**

Se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se rechaza la hipótesis alterna ( $H_a$ ) porque es posible fabricar bioplásticos con propiedades óptimas. El Grupo 1 ha obtenido el puntaje compuesto más alto, con un valor de 0.8220, indicando que sus características son ideales para aplicaciones que requieren las tres características más estables y elevadas.

**B. Hipótesis específica 1: Resistencia a la tracción**

Se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_a$ ) debido a la existencia de diferencias significativas entre los grupos experimentales. El Grupo 7 emerge como el que presenta las mejores propiedades de resistencia a la tracción, como se determinó mediante la prueba de Post Hoc Tukey, con una media de 3.51 MPa. Esto sugiere que las características del Grupo 7 son óptimas para aplicaciones que requieren alta resistencia.

**C. Hipótesis específica 2: Fuerza de elongación**

En relación con la fuerza de elongación, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alternativa ( $H_a$ ) debido a la presencia de diferencias significativas entre los grupos experimentales. El Grupo 1 se destaca por sus excepcionales propiedades en términos de fuerza de elongación, con una media del 52.4%, según lo determinado por la prueba de Post Hoc Tukey. Esto indica que el Grupo 1 es el más eficiente en este aspecto, sugiriendo su idoneidad para aplicaciones que requieren alta flexibilidad y resistencia.

**D. Hipótesis específica 3: Biodegradabilidad**

De acuerdo con la biodegradabilidad, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alternativa ( $H_a$ ) debido a la identificación de diferencias significativas entre los grupos experimentales. El Grupo 1 destaca como el más biodegradable, con una media del 60%, según la prueba Post Hoc de Tukey, lo que resalta su superioridad respecto a los demás grupos. Esta diferencia sugiere que las

características del Grupo 1 son óptimas para aplicaciones que requieren un alto nivel de biodegradabilidad.

### 4.3 Discusión de los resultados

El objetivo general de este estudio fue desarrollar un plástico biodegradable utilizando rechazos de pepas de palta (*Persea americana*) variedad Hass, un material con un gran potencial para aplicaciones sostenibles. Los resultados obtenidos demuestran que los bioplásticos elaborados cumplen con las propiedades esenciales, como la resistencia a la tracción, la fuerza de elongación y la biodegradabilidad. Al combinar de manera óptima los insumos, especialmente equilibrando el ácido acético, la glicerina y el almidón, se logró crear un material cuyas características son comparables a las de otros bioplásticos producidos a partir de residuos agrícolas, tal es el caso del grupo 1, quien destacó en el estudio al obtener el puntaje compuesto más alto, 0.8220, lo que valida la viabilidad técnica de este material. Este hallazgo coincide con las investigaciones del CONICET (2020), que subrayan el uso de residuos agroindustriales como una fuente económica y sostenible para la producción de bioplásticos con propiedades mecánicas y de biodegradación aceptables. Además, el aprovechamiento de las pepas de palta Hass, un residuo abundante en Chamana, Ayacucho, contribuye significativamente al enfoque de la economía circular, ayudando a reducir los residuos orgánicos. Finalmente, estudios como el de Preciado et al. (2022) respaldan esta perspectiva al mostrar que la reutilización de subproductos agrícolas no solo disminuye el impacto ambiental, sino que también ofrece oportunidades económicas para las comunidades rurales.

En relación con la resistencia a la tracción, el Grupo 7 destacó con un valor promedio de 3.50 MPa, superando los resultados reportados en estudios previos. Por ejemplo, Machaca

(2022) obtuvo un valor de 2.82 MPa, mientras que Paitán y Rojas (2022) alcanzaron un máximo de 3.26 MPa utilizando bioplásticos elaborados a partir de cáscara de papa bajo condiciones óptimas. Este comportamiento puede atribuirse al mayor volumen de ácido acético (7 ml) y al menor nivel de glicerina (5 ml) en la formulación del Grupo 7, lo que favoreció un entrecruzamiento molecular más robusto y cohesivo en la matriz del bioplástico. A medida que se incrementan las concentraciones de ácido acético, se observa una tendencia al aumento de la resistencia a la tracción, lo que sugiere que un mayor contenido de ácido acético facilita la formación de enlaces de hidrógeno, aumentando así la cohesión entre las moléculas de almidón y mejorando la estructura del material.

Con respecto a la fuerza de elongación, se obtuvo un valor de 52.4%, superior al reportado por Machaca (2022), quien alcanzó apenas 12.89% en bioplásticos elaborados a partir de semilla de palta, y también por Cuyubamba y Quispe (2024), quienes obtuvieron 21.95% en bioplásticos derivados de cáscara de plátano. Sin embargo, este valor fue considerablemente inferior al 87.93% registrado por Paitán y Rojas (2022) en bioplásticos de cáscara de papa. Del mismo modo, Espinoza y Oscoco (2021) reportaron valores superiores empleando semillas de palta Hass con aditivos como melamina y glicerina, lo cual contribuyó significativamente al incremento de la capacidad de elongación. Este fenómeno puede estar relacionado con la cantidad de almidón utilizado, ya que las formulaciones con mayor contenido de almidón tienden a ofrecer mejor elongación. Sin embargo, Granda y Contreras (2019) observaron que un aumento en la concentración de plastificantes, como la glicerina, puede disminuir la resistencia mecánica. Este hallazgo sugiere que, si bien una mayor proporción de glicerina mejora la capacidad del material para estirarse, también puede comprometer su resistencia. Además, se observó que el incremento en las concentraciones de

ácido acético tiende a reducir la elongación, lo que indica la necesidad de encontrar un equilibrio en la formulación para mantener la flexibilidad, como lo sugieren Rivera y Vilchez (2020), quienes afirmaron que estos resultados son adecuados para aplicaciones específicas como la fabricación de bolsas biodegradables.

Finalmente, los resultados obtenidos en la tasa de biodegradabilidad indican que el Grupo 1 alcanzó un promedio del 60%, valor superior al reportado por Machaca (2022), quien obtuvo 33.47% en un periodo de 90 días. No obstante, fue inferior al 74.56% registrado por Paitán y Rojas (2022) en bioplásticos elaborados a partir de cáscara de papa durante 30 días, aunque se mantiene como un valor competitivo frente a otras investigaciones. Por ejemplo, Avellán et al. (2019) reportaron una biodegradabilidad del 89.40% en bioplásticos de almidón de maíz, mientras que Espinoza y Oscco (2021) observaron un 85.38% en bioplásticos elaborados con semilla de palta Hass y aditivos como melamina y glicerina. Este desempeño en biodegradabilidad del Grupo 1 puede atribuirse a su fórmula equilibrada, que incluye una menor proporción de glicerina (5 ml) y una cantidad adecuada de ácido acético (3 ml), favoreciendo así la acción de microorganismos en la descomposición del material. Sin embargo, es importante considerar que la biodegradabilidad puede variar significativamente según las condiciones ambientales, como la humedad y la temperatura, haciendo énfasis en esta última, tal y como señala Flores (2009). La temperatura juega un papel dual en la biodegradación: si bien temperaturas más altas pueden acelerar el proceso, temperaturas excesivas pueden desnaturalizar enzimas y proteínas, reduciendo así la eficiencia de la biodegradación.

## V CONCLUSIONES

El presente estudio confirma la viabilidad técnica de elaborar bioplásticos a partir de rechazos de pepas de palta Hass, utilizando ácido acético, glicerina y almidón en proporciones específicas. El Grupo 1 se destacó al obtener el valor compuesto más alto, con un puntaje de 0.8220, lo que indica que su formulación (3 ml de ácido acético, 5 ml de glicerina, 10 g de almidón y 125 ml de agua destilada) es adecuada para las propiedades analizadas.

En resistencia a la tracción, el Grupo 7 tuvo un promedio de 3.50 MPa, gracias a su formulación que incluía 7 ml de ácido acético al 3%, 5 ml de glicerina, 10 g de almidón y 125 ml de agua destilada. Este rendimiento se debe al aumento de glicerina, que favoreció un robusto entrecruzamiento molecular, posicionando al Grupo 7 como ideal para aplicaciones que requieren alta resistencia mecánica, como envases biodegradables.

En cuanto a la fuerza de elongación, el Grupo 1 mostró un promedio de 52.4%, logrando un balance óptimo entre flexibilidad y cohesión, lo que lo hace adecuado para aplicaciones como envolturas o bolsas biodegradables.

Finalmente, en biodegradabilidad, el Grupo 1 alcanzó un promedio del 60%. Este resultado resalta la interacción favorable entre la baja proporción de glicerina y el ácido acético, facilitando la absorción de humedad y la acción de microorganismos en la descomposición del material, convirtiendo al Grupo 1 en una alternativa ideal para aplicaciones que requieren rápida degradación ambiental.

## VI RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar más experimentos para ajustar las proporciones de los componentes en la formulación del Grupo 1 (3 ml de ácido acético, 5 ml de glicerina, 10 g de almidón y 125 ml de agua destilada). Ya que se ha observado que las proporciones de ácido acético y glicerina tienen un impacto significativo en las propiedades del bioplástico.

En relación con la resistencia a la tracción, se aconseja realizar más experimentos, considerando cantidades limitadas de ácido acético al 3%, y explorar la posibilidad de reducir aún más esta concentración, dado que se ha constatado que menores concentraciones de este aditivo pueden resultar en un material más resistente.

Para mejorar la fuerza de elongación, se propone investigar la incorporación de aditivos naturales, como fibras vegetales, con el fin de mejorar la flexibilidad y cohesión del bioplástico, y además de ser más eco amigables con el ambiente.

Basándonos en los resultados de la biodegradabilidad, es necesario realizar pruebas de validación en condiciones reales para evaluar el comportamiento de la biodegradación del bioplástico en entornos diversos, incluyendo variaciones en humedad, temperatura y exposición a microorganismos.

Asimismo, se recomienda que la Universidad Nacional Autónoma de Huanta considere la creación de un laboratorio especializado en ensayos de resistencia a la tracción y fuerza de elongación

Finalmente, se recomienda capacitar a las comunidades rurales y agroindustriales en el aprovechamiento de residuos agroindustriales, como las pepas de las paltas descompuestas.

## VII REFERENCIAS

- ABENGOA. (2015, abril 20). "Soluciones tecnológicas para cambiar...". La energía del cambio. <http://www.laenergiadelcambio.com/las-ventajas-de-los-bioplasticos/>
- Agraria. (2022, setiembre 29). "Producción nacional de palta alcanzó las 602.200 toneladas en el primer semestre de 2022, registrando un aumento de 5.9%". Agencia Agraria de Noticias. <https://agraria.pe/noticias/produccion-nacional-de-palta-alcanzo-las-602-200-toneladas-e-29456>
- Aimaretti, N., Intilángelo, L., Clementz, A., Ansaldi, J., & Yori, J. C. (2008, junio). "Aprovechamiento de la glicerina obtenida durante la producción de biodiesel". Redalyc, 11(20), 137-144. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87702011>
- AIMPLAS. (2024). Propiedades mecánicas. Recuperado de <https://www.aimplas.es/laboratorio/plasticos-aditivos-composites/propiedades-mecanicas/>.
- Alonso Serrano, A., García Sanz, L., León Rodrigo, I., García Gordo, E., Gil Álvaro, B., & Ríos Brea, L. (2017). "Métodos de la Investigación de Enfoque Experimental". Post Grado UNE. <https://www.postgradoune.edu.pe/pdf/documentos-academicos/ciencias-de-la-educacion/10.pdf>
- Alvaro, C. S., Arocena, L. A., Martínez, M. Á., & Nudelman, N. E. (2017, mayo). "Biodegradación aerobia de fracciones de hidrocarburos provenientes de la actividad petrolera en un suelo de la región Patagonia Norte, Argentina". Scielo, 33(2), 247-257. <https://doi.org/10.20937/rica.2017.33.02.06>
- Andrade Tacca, C., Veliz Llayqui, N. E., & Medina Cacere, C. (2019). "Análisis de dureza y resistencia a la tracción de un compuesto de matriz metálica Al-SiO<sub>2</sub>, utilizando latas de

aluminio y cáscara de arroz como materia prima ". Redalyc, 36(2), 60-72. 10.34098/2078-3949.36.2.1

Arboleda Echevarría, C., Jaramillo Yepes, F., & Palacios Torres, H. (2012). "Determinación del potencial antioxidante en extractos de vinagre *Guadua angustifolia* Kunth para aplicaciones alimenticias". Scielo, 17(4), 330-342.

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1028-47962012000400005&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962012000400005&lng=es&nrm=iso)

Arrieta, A. & Palencia, M. (2020). Estudio electroquímico de un biopolímero compuesto PPy/almidón de cassava. Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales, 15(2), 123-134. Obtenido de <https://ve.scielo.org/pdf/rlmm/v36n1/art05.pdf>

Avantor. (2022, junio). "Ensayos de dilución, DBO respirométrica y biodegradabilidad". Avantor. [https://es.vwr.com/cms/bod\\_measurement](https://es.vwr.com/cms/bod_measurement)

Avellán, A., Díaz, D., Mendoza, A., Zambrano, M., Zamora, Y., & Riera, M. A. (2019). "Obtención de bioplástico a partir del almidón de maíz (*Zea mays* L.)". (T. y. Revista Colón Ciencias, Ed.) Ecuador: Revista Colón Ciencias Tecnología Negocios. Obtenido de <https://portal.amelica.org/ameli/journal/215/215974004/html/>

Ayala, F., Sainz de Baranda, P., & Cejudo, A. (2012, setiembre). "El entrenamiento de la flexibilidad: técnicas de estiramiento". Revista Andaluza de Medicina del Deporte, 5(3), 105-112. <https://www.redalyc.org/pdf/3233/323327671004.pdf>

Betancourt Aguilar, C., de Mello Prado, R., & Castellanos Gonzáles, L. (2016). "Características de la glicerina generada en la producción de biodiesel, aplicaciones generales y su uso en el suelo". Redalyc, 37(3), 7-14. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193246976001>

- Brown, M. B., & Forsythe, A. B. (1974). Robust tests for the equality of variances. *Journal of the American Statistical Association*, 69(346), 364-367.  
<https://doi.org/10.1080/01621459.1974.10482955>
- Cabrejos, K., Maluquis, J., Díaz, A. & Minchán, H. (2024). "Caracterización de las propiedades mecánicas del bioplástico de almidón de plátano (*Musa paradisiaca* L.) y compuestos celulósicos de café (*Coffea arabica* L.)". *Revista UNJ*.  
<https://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros/article/download/353/381/2195>
- Calaméo. (2018). *Extracción De Almidón*. Recuperado de <https://www.calameo.com/books/005193087c8fe3b2314cf>;
- Castaño Ríos, D., & Otálvaro Gómez, M. J. (2017). "Diseño de guías didácticas e incertidumbre de medición de los equipos de laboratorio construidos por el grupo de investigación diseño y construcción de prototipos para experimentos de demostración - DICOPE". Repositorio UTP. <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/8e3c1470-bf16-40ba-977c-602326830823/content>
- Cervera Ruiz, M., & Blanco Díaz, E. (2015). *Resistencia de materiales*.  
<http://cervera.rmee.upc.edu/libros/Resistencia%20de%20Materiales.pdf>
- CHochón Martínez, S., & Aybar Escobar, C. (2008, diciembre). "Evaluación de la capacidad de remoción de bacterias coliformes fecales y demanda bioquímica de oxígeno de la planta de tratamiento de aguas residuales "la totora", Ayacucho, Perú". *Redalyc*, 7(1-2), 165-171.  
[https://www.redalyc.org/pdf/341/Resumenes/Resumen\\_34111584020\\_1.pdf](https://www.redalyc.org/pdf/341/Resumenes/Resumen_34111584020_1.pdf)
- CitizenSustainable. (2018). "Bioplástico vs. Plástico – Ventajas de los bioplásticos biodegradables". <https://citizensustainable.com/es/bioplastico/>
- CMM. (2017, abril 17). Almidón. *CMM Salud*. <https://salud.ccm.net/faq/7713-almidon-definicion>

Cobana & Antezana. (2007). Proceso de extracción de almidón de yuca por vía húmeda. Revista SciELO: <http://www.scielo.org.bo/pdf/rbq/v24n1/v24n1a14.pdf>

CONCYTEC. (2023). Glosario de términos. Conocimiento Concytec. <https://conocimiento.concytec.gob.pe/termino/investigacion-aplicada/>

CONICED. (2020, febrero). " Producen bioplásticos a partir de residuos agroindustriales". Revista Institucional. <https://nordeste.conicet.gov.ar/logran-crear-bioplasticos-a-partir-de-residuos-agroindustriales/>

Contyquim. (2019). Plastificantes. Recuperado de <https://contyquim.com/blog/plastificantes>

Correo. (2021, junio 11). "Ayacucho exportó 4500 toneladas de ‘Oro verde’ a mercados internacionales". Diario El Correo. <https://diariocorreo.pe/edicion/ayacucho/ayacucho-exporto-4500-toneladas-de-oro-verde-a-mercados-internacionales-produccion-de-palta-exportacion-noticia/>

Correo. (30 de julio de 2015). Diario Correo. Obtenido de <https://diariocorreo.pe/edicion/ayacucho/huanta-primera-en-exportar-palta-al-mundo-606303/>

Cuyubamba, L. & Quispe, M. (2024). "Efecto de los plastificantes sobre la biodegradabilidad y propiedades mecánicas del bioplástico a partir de almidón de cáscara de Musa sp.". Repositorio UNCP. [https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/11743/T010\\_46537392\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/11743/T010_46537392_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

De Dios-Avila, N., Tirado Gallegos, J. M., Estrada Virgen, M. O., Velasco, C. R., Esquivel, G. L., Zamudio Flores, P. B., Isiordia Aquino, N., & Cambero Campos, O. J. (2022). "Caracterización estructural y fisicoquímica de almidones de semilla de aguacate

modificados mediante hidrólisis ácida a alta temperatura". Revista Bio Ciencias.

<https://revistabiociencias.uan.edu.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/e1272>

Deutsche Welle. (02 de julio de 2021). Corporate DW. Obtenido de Made for minds:

<https://plastic-pollution-crisis-and-fossil-fuel-industry.dw.com/es/index.html>

Díaz Alarcón, B. N., & López Farfán, K. E. (2024). Efecto de la concentración de almidón de semilla de palta (*Persea Americana Mill.*) en la obtención de biopelículas.

Dodino-Duarte, I., Quiroz-Ortega, L. A., Arias-Benítez, J. C., & García-León, R. A. (2024).

Development of biodegradable plastic films from cassava starch. DYNA, 91(233), 75-85.

<https://doi.org/10.15446/dyna.v91n233.112073>

Ecologíaverde. (2018). "Qué son los bioplásticos y cómo se producen". Ecologíaverde.

<https://www.ecologiaverde.com/que-son-los-bioplasticos-y-como-se-producen-1187.html>

Ellen MacArthur Foundation. (2016). Ellen MacArthur Foundation. Obtenido de

<https://ellenmacarthurfoundation.org/the-new-plastics-economy-rethinking-the-future-of-plastics>

Espinoza Ñaupari, E. V., & Oscoco Villegas, C. R. (2021, julio). "Efecto de la glicerina y melamina sobre las propiedades fisico-mecánicas del bioplástico de almidón en semilla de *Persea americana mill palta*". Repositorio UPLA.

<https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/3625/TESIS%20FINAL.pdf?isAllowed=y&sequence=1>

Espinoza, E. V. & Oscoco, C. R. (2024). "Efecto de glicerina y melamina sobre las propiedades fisico-mecánicas del bioplástico de almidón en semilla de *persea americana mill.* "palta" Repositorio UPLA,

<https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/3625/TESIS%20FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Fathurohman, V., Alisaputra, D., & Sedyadi, E. (2020, April). The effect of addition of avocado fruit seeds on bioplastic biodegradation. In Proceeding International Conference on Science and Engineering (Vol. 3, pp. 137-145)

Flores, D. (2009, agosto). "Elaboración de materiales biodegradables base sacarosa". Repositorio CIQA.

<https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/370/1/Daniela%20Sarahi%20Flores%20Valdez.pdf>

Food Pac Service. (2023). ¿Qué Es Biodegradable? Significado Y Ejemplos. Recuperado de <https://foodpacservic.com/centro-de-conocimiento/que-es-biodegradable-significado-y-ejemplos/>

FromPerú. (02 de mayo de 2021). Exportemos.pe. Obtenido de <https://boletines.exportemos.pe/1718/palta-hass-consolida-al-peru-como-el-segundo-productor-y-exportador-a-nivel-mundial>

Gama Quintero, M., & Ocampo Fonseca, M. A. (2016). "El laboratorio de la ley de Hooke como escenario de construcción de la función lineal". repository UGC. <https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/4453/EL%20LABORATORIO%20DE%20LA%20LEY%20DE%20HOOKE%20COMO%20ESCENARIO%20DE%20CONSTRUCCI%C3%93N%20DE%20LA%20FUNCI%C3%93N%20LINEAL.pdf?isAllowed=y&sequence=1>

García, T., & Quintanilla, J. (2003, diciembre). "Análisis del valor agregado: Producción de palta en trozos". Redalyc. <https://www.redalyc.org/pdf/816/81660203.pdf>

- González Hernández, Y., Quesada Peñate, Y., Schetrite, S., Jáuregui Haza, U. J., & Albasi, C. (2020). "Utilización de un biorreactor con membranas sumergidas para el tratamiento de aguas residuales procedentes de un Hospital Oncológico". *Revista Internacional de Contaminación*, 36(4), 945-956. <https://doi.org/10.20937/RICA.53855>
- GORE AYACUCHO. (2021, junio 09). "Ayacucho exporta más de 4500 toneladas de palta a Mercados Internacionales". GOB PE. <https://www.gob.pe/institucion/regionayacucho/noticias/499631-ayacucho-exporta-mas-de-4500-toneladas-de-palta-a-mercados-internacionales>
- Granda Toro, R., Pichling Gutierrez, G. P., & Tobalina del Castillo, G. (2021, enero). "Estudio del sector industrial de palta Hass para consumo nacional". Repositorio ULima. [https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/12737/Granda\\_Toro\\_Renz\\_o.pdf?sequence=1](https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/12737/Granda_Toro_Renz_o.pdf?sequence=1)
- Granda, J. & Contreras, Y. (2019, agosto). " Estudio de la resistencia a la tracción y deformación de bioplásticos obtenidos a partir de almidón de Solanum Tuberosum a diferentes porcentajes de plastificante". Repositorio UNT. <https://dspace.unitru.edu.pe/items/811f7890-52d4-4dd3-94d1-47629099b734>
- GreenFacts. (s.f.). Plastificante. Recuperado de <https://www.greenfacts.org/es/glosario/pqrs/plastificante.htm>.
- Higuera Sarmiento, C. A., Zuluaga Orjuela, K. J., & Rodriguez Figueroa, N. (2021). "Bioplásticos a partir de la semilla de aguacate ". Repositorio Universidad EAN. <https://repository.universidadean.edu.co/bitstream/handle/10882/10904/HigueraCamilo2021.pdf?sequence=1>

- Huanca Rengel, F. C. (2013). "Caracterización fisicoquímica de almidones aislados de quinua orgánica roja, blanca y negra (chenopodium quínoa willd), procesado por andean valley s.a." Repositorio UMSA. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/18097/M-263.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hurtado Jimenez, J. E. (2019). "Estudio del almidón modificado de banano (m. Sapientum l.) Variedad cavendish obtenido por acetilación." [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14181/1/T-2900\\_HURTADO%20JIMENEZ%20JHANELA%20ELIZABETH.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14181/1/T-2900_HURTADO%20JIMENEZ%20JHANELA%20ELIZABETH.pdf)
- Infinitia Research. (2024). Ensayo de Propiedades mecánicas de Materiales. Recuperado de <https://www.infinitiaresearch.com/laboratorio-ingenieria-industrial/propiedades-mecanicas/>
- Jauregui Gutierrez, J. I., & Ramírez Pinedo, D. Y. (2021, marzo 13). "Factores que influyen en las exportaciones de palta hass de las empresas de la región La Libertad - Perú: características de la empresa, nivel de producción, estándares y certificaciones de calidad en el periodo 2014-2018". Repositorio UPC. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/655597>
- Joseph, S., Hegde, A. R., Gopalakrishnan, V., Yallappa, S., Nadzri, N. I. M., Joseph, K., & Meenakshi, K. (2024). Biodegradable Plastics from Mango Seed Starch for Sustainable Food Packaging-Effect of Citric Acid and Fillers. ChemistrySelect, 9(22), Article e202401312. <https://doi.org/10.1002/slct.202401312>
- La República. (5 de julio de 2023). Diario La República. Obtenido de <https://especial.larepublica.pe/la-republica-sostenible/2023/07/05/peru-genera-12-millones-de-toneladas-de-residuos-plasticos-al-ano-269930>

- León Méndez, G., León Méndez, D., Monroy Arellano, M. R., De La Espriella Angarita, S., & Herrera Barros, A. (2020, setiembre 09). "Modificación química de almidones mediante reacciones de esterificación y su potencial uso en la industria cosmética". Revistaa VFT. [https://www.revistaavft.com/images/revistas/2020/avft\\_5\\_2020/17\\_modificacion.pdf](https://www.revistaavft.com/images/revistas/2020/avft_5_2020/17_modificacion.pdf)
- Liu, W., Wang, S., He, S., Shi, Y., Hou, C., Jiang, X., Song, Y., Zhang, T., Zhang, Y., & Shen, Z. (2024). Enzyme modified biodegradable plastic preparation and performance in anaerobic co-digestion with food waste. *Bioresource Technology*, 401, Article 130739. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2024.130739>
- Machaca Ramos, C. E. (2022). "Obtención de bioplásticos a partir de almidón de la semilla de palta (*Persea Americana*) variedad Hass y determinación de la biodegradabilidad". Repositorio UNAM. [https://repositorio.unam.edu.pe/bitstream/handle/UNAM/488/D095\\_74892167\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unam.edu.pe/bitstream/handle/UNAM/488/D095_74892167_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Martínez, P., Peña, F., Gómez, Y., Vargas, G., & Velezmoro, C. (19, setiembre 23). Propiedades fisicoquímicas, funcionales y estructurales de almidones nativos y acetilados obtenidos a partir de la papa (*solanum tuberosum*) var. 'única'. Scielo. <https://estudyando.com/amilosa-estructura-formula-y-funcion/>
- Mater-Bi. (2024). Qué significa biodegradabilidad. Recuperado de <https://materbi.com/es/news/pillola/que-significa-biodegradabilidad/>
- Mejía Gallón, A. I., Cadavid Torres, E., & Gallardo Cabrera, C. (2011, setiembre). "Actividad antiséptica de vinagre de *Guadua angustifolia* Kunth". Scielo, 16(3), 244-252. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1028-47962011000300004](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962011000300004)

Mena Roa, M. (4 de Junio de 2021). Statista. Obtenido de <https://es.statista.com/grafico/25010/paises-con-la-mayor-cantidad-de-residuos-plasticos-de-un-solo-uso-generados/>

Mendoza Huamani, G. R., & Ochoa Candiotti, Y. N. (2021, julio). "Mejora en el rendimiento del cultivo de palta Hass (*persea americana* "Hass") mediante la instalación de un biodigestor en el fundo Huachacmarán". Repositorio ULima. [https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/14324/Mendoza\\_Ochoa\\_MEJORA%20EN%20EL%20RENDIMIENTO%20DEL%20CULTIVO%20DE%20PALTA%20HASS.pdf?sequence=1](https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/14324/Mendoza_Ochoa_MEJORA%20EN%20EL%20RENDIMIENTO%20DEL%20CULTIVO%20DE%20PALTA%20HASS.pdf?sequence=1)

Mendoza, Ricalde, & Hernández. (2017). "Estructura del almidón". Sitio Argentino de Producción Animal. [https://produccion-animal.com.ar/tablas\\_composicion\\_alimentos/150-Estructura\\_del\\_Almidon.pdf](https://produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/150-Estructura_del_Almidon.pdf)

Meré Marcos, J. (2009, diciembre 18). "Estudio del procesado de un polímero termoplástico basado en almidón de patata amigable con el medio ambiente". Biblioteca de la Universidad Carlos III de Madrid. <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/10823>

MIDAGRI. (2015, marzo 05). "Se abre el mercado de China y Japón a la Palta Hass peruana". MIDAGRI. <https://www.midagri.gob.pe/portal/noticias-antiores/notas-2015/12118-se-abre-el-mercado-de-china-y-japon-a-la-palta-hass-peruana>

MINAM. (2018). Ministerio del Ambiente. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/cifras-del-mundo-y-el-peru/>

Modern Farmer. (2019, agosto 12). "Scientists Crack the Genetic Code of the Hass Avocado". Modern Farmer. <https://modernfarmer.com/2019/08/scientists-crack-the-genetic-code-of-the-hass-avocado/>

- Mongui Torres, L. M., & Quintero Calderón, S. S. (2021). "Generación de bioplástico a base del almidón producido por la semilla del aguacate". Repositorio U Distrital. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/28699/Mongu%C3%ADTorresLinaMarcela2021.pdf>
- Montañez Cervantes, M. A. (2022, febrero). "Producción de bioplástico a partir de almidón de semilla de aguacate (*persea spp.*) reforzado con material Lignocelulósico". Biblioteca virtual DGB. [http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB\\_UMICH/6684/FIQ-M-2022-0226.pdf?sequence=1&isAllowed=y#nos#:~:text=La%20capacidad%20de%20producci%C3%B3n%20mundial,millones%20de%20toneladas%20en%202026.](http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/6684/FIQ-M-2022-0226.pdf?sequence=1&isAllowed=y#nos#:~:text=La%20capacidad%20de%20producci%C3%B3n%20mundial,millones%20de%20toneladas%20en%202026.)
- Morocho, M. C., Dalgo, V. M., Flores, L. M., y Chango, G. C. (05 de agosto del 2021). "Caracterización físico química y mecánica de bioplásticos obtenidos a partir del trigo y cebada". Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8383970.pdf>
- Olaeta, J. A., Schwartz, M., Undurraga, P., y Contreras, S. (2007, noviembre 16). "Utilización de la semilla de palta (*persea americana* mill.) Cv. Hass como producto agroindustrial". AcovadoSource. <https://www.avocadosource.com/WAC6/es/Extenso/4b-198.pdf>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (22 de febrero de 2022). OECD.org. Obtenido de <https://www.oecd.org/environment/plastic-pollution-is-growing-relentlessly-as-waste-management-and-recycling-fall-short.htm>
- Paitan Ccente, M. I., & Rojas Huamani, W. Z. (2022). Calidad de bioplásticos obtenidos del almidón de cascara de papa (*Solanum tuberosum*) en el distrito de Huancavelica–2022.

PapelMatic. (13 de junio de 2019). Bolsas de residuos biodegradables. Obtenido de <https://papelmatic.com/bolsas-de-residuos-biodegradables/>

Pegoraro, V., Boccolini, M. F., Baigorria, T., Rizzo, P., Lorenzo, C., & Cazorla, C. R. (2019). "Aplicación de compost de cama profunda porcina: calidad de suelo y producción de soja (Glycine max L.)". Redalyc, 45(2), 234-241. <https://www.redalyc.org/journal/864/86460707009/86460707009.pdf>

Pizá Cedano, H. S., Rolando Franco, S., Ramirez Urbina, C. C., Villanueva Benites, S., & Zapata Carrasco, A. P. (noviembre de 2017). Repositorio institucional PIRHUA - Universidad de Piura. Obtenido de [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3224/PYT\\_Informe\\_Final\\_Proyecto\\_Bioplastico.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3224/PYT_Informe_Final_Proyecto_Bioplastico.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ponce García, N. (2019, setiembre). "Composición química proximal. Almidón". UAEMEX. [http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/108414/secme-8641\\_2.pdf?sequence=2](http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/108414/secme-8641_2.pdf?sequence=2)

Portalfruticola. (26 de diciembre de 2012). Portalfruticola. Obtenido de <https://www.portalfruticola.com/noticias/2012/12/26/bioplastico-100-degradable-a-partir-de-semillas-de-palta/>

Posada Duque, J. A., & Cardona Alzate, C. A. (2010, junio). "Análisis de la refinación de glicerina obtenida como coproducto en la producción de biodiésel". Redalyc. <https://www.redalyc.org/pdf/477/47715438001.pdf>

Preciado, A. M., Ruiz, J., Villegas, M. A., Domínguez, J.A. & Gonzáles, G. A. (2022, diciembre). "Aprovechamiento de subproductos de la industria agroalimentaria. Un acercamiento a la economía circular". Redalyc. <https://www.redalyc.org/journal/813/81373798002/html/>

REMAR. (2011, setiembre). "Biolásticos". Gaiker.

[http://www.gaiker.es/documentos/Bioplasticos\\_634691586470829716.pdf](http://www.gaiker.es/documentos/Bioplasticos_634691586470829716.pdf)

Retama. (2021). "La producción mundial de bioplásticos se triplicará en cinco años". Revista Técnica De Medio Ambiente. <https://www.retama.es/actualidad/produccion-mundial-bioplasticos-se-triplicara-cinco->

Riera, M. A. (2020) "Obtención de bioplástico a partir de almidón de maíz (zea mays l.)" Revista UP, [https://revistas.up.ac.pa/index.php/revista\\_colon\\_ctn/article/view/1134](https://revistas.up.ac.pa/index.php/revista_colon_ctn/article/view/1134)

Rivera, Y. & Vilchez, V. (2020). " Revisión sistemática: Análisis de las propiedades de los bioplásticos a base de almidón". Repositorio UCV. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/62559/Rivera\\_QYD-Vilchez\\_OVA-SD.pdf?sequence=1](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/62559/Rivera_QYD-Vilchez_OVA-SD.pdf?sequence=1)

Robles, E. R. & Zarate, J. (2020). " Efecto del almidón de residuos de Manihot esculenta, Musa paradisiaca y concentración de aditivos naturales, en la producción de bioplástico". Repositorio UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/40154>

S.H.F. Martins, K.V. Pontes, R.L. Fialho, F.M. Fakhouri, Extraction and characterization of the starch present in the avocado seed (*Persea americana* mill) for future applications, Journal of Agriculture and Food Research, Volume 8, 2022, 100303, ISSN 2666-1543, <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100303>.

SENASA. (2019, mayo 10). "Senasa: Ayacucho exportó más de 5 mil toneladas de Palta Hass a China". SENASA. <https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/senasa-ayacucho-exporto-mas-de-5-mil-toneladas-de-palta-hass-a-china/>

Suárez Mendoza, G. E., Echevarría Jara, J. F., & Jiménez Boggio, D. J. (2017). "Estrategias de diferenciación para la exportación de palta Hass (*Persea Americana* Mill) de la empresa

- Negociación Agrícola Yotita S.A. con destino a Alemania - 2016". Redalyc. <https://www.redalyc.org/journal/5217/521758010001/521758010001.pdf>
- Supo, J. (2014). Sinopsis del Libro y Carpetas de Aprendizaje (1st ed.). Bioestadístico. <http://red.unal.edu.co/cursos/ciencias/1000012/un3/pdf/seminv-sinopsis.pdf>
- The Conversation. (2021, mayo 25). ¿Pueden los bioplásticos sustituir a los plásticos convencionales? The Conversation. <https://theconversation.com/pueden-los-bioplasticos-sustituir-a-los-plasticos-convencionales-160829>
- The World Counts. (2023). The World Counts. Obtenido de <https://www.theworldcounts.com/>
- Tofiño, A., Fregene, M., Ceballos, H., & Cabal, D. (2006). "Regulación de la biosíntesis del almidón en plantas terrestres: perspectivas de modificación". <https://www.redalyc.org/pdf/1699/169920320001.pdf>
- Torres Rodríguez, D. (2003, agosto). El papel de los microorganismos en la biodegradación de compuestos tóxicos. Ecosistemas, XII(2), 1-5. <https://www.redalyc.org/pdf/540/54012219.pdf>
- U-Cursos. (2011). Propiedades mecánicas. Recuperado de [https://www.u-cursos.cl/fau/2011/0/DIT-204/2/material\\_docente/bajar?id\\_material=459045](https://www.u-cursos.cl/fau/2011/0/DIT-204/2/material_docente/bajar?id_material=459045)
- UNA. (2015). " Guía práctica para el manejo de los residuos orgánicos utilizando composteras rotatorias y lombricompost". Costa Rica. <https://documentos.una.ac.cr/bitstream/handle/unadocs/3818/Manual%20Composteras.pdf>
- UNAL. (2022, agosto 12). "Con semillas de aguacate producirán almidón para la industria alimenticia". Minas Medellín. <https://minas.medellin.unal.edu.co/noticias/4822-con-semillas-del-aguacate-produciran-almidon-para-la-industria-alimenticia>

- UV. (2016, febrero 12). "La versatilidad de la glicerina: desde la industria alimentaria hasta la farmacéutica". Universidad de Valencia. <https://www.uv.es/uvweb/master-quimica/es/blog/versatilidad-glicerina-industria-alimentaria-farmaceutica-1285949128883/GasetaRecerca.html?id=1285957782481>
- Vázquez Mejía, G., Ortega Aguilar, R. E., Esparza Soto, M., & Fall, C. (2013, junio). "Fraccionamiento de DQO del agua residual de Toluca por el protocolo STOWA". Redalyc, 4(2), 21-35. <https://www.redalyc.org/pdf/3535/353531982002.pdf>
- Villarroel, P., Gómez, C., Vera, C., & Torres, J. (2018, enero 23). "Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos". Scielo. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v45n3/0717-7518-rchnut-45-03-0271.pdf>
- Vivero, A., Valenzuela, R., Valenzuela, A., & Morales, G. (2019, agosto). "Palta: compuestos bioactivos y sus potenciales beneficios en salud". Scielo. [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-75182019000400491](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182019000400491)
- Volta. (2024). "¿Cómo se pueden reutilizar los residuos orgánicos?". <https://www.voltachile.cl/reutilizar-residuos-organicos/>
- Zalfiatri, Y., Dewi, Y. K., & Fitri, A. (2024). Characterization of biodegradable plastic from jackfruit seed waste. BIO Web of Conferences, 99, 01002. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20249901002>

## VIII ANEXOS

## 8.1.1 Anexo 1: Matriz de consistencia de la investigación

| PROBLEMA   | OBJETIVOS   | MARCO TEÓRICO  | HIPÓTESIS  | VARIABLES E INDICADORES  | METODOLOGÍA  |
|--|---|--|--|--|--|
| <p><b>Problema general</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cómo se puede elaborar un plástico biodegradable a partir de rechazos de pepas de palta (<i>Persea americana</i>) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho?</li> </ul> | <p><b>Objetivo general:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar un plástico biodegradable mediante el aprovechamiento de los rechazos de pepas de palta (<i>Persea americana</i>) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho.</li> </ul> | <p><b>Antecedentes</b></p> <p><b>Bases teóricas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley de Hooke</li> </ul> <p><b>Definiciones Conceptuales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Palta Hass (<i>Persea americana</i> “Hass”)</li> <li>• Rechazos orgánicos</li> <li>• Descomposición orgánica</li> <li>• Almidón</li> <li>• Bioplásticos</li> </ul> | <p><b>Hipótesis general</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los rechazos de pepas de palta (<i>Persea americana</i>) variedad Hass pueden ser utilizados para producir un bioplástico con características óptimas.</li> </ul> | <p><b>Variable Independiente:</b></p> <p>“Rechazos de pepas de palta (<i>Persea americana</i>) variedad Hass”</p> <p><b>Características físicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tamaño</li> <li>▪ Peso</li> <li>▪ Humedad</li> </ul> <p><b>Características químicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ pH</li> </ul> <p><b>Condiciones de procesamiento</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Temperatura</li> <li>▪ Tiempo</li> <li>▪ Peso</li> </ul> | <p><b>Tipo de investigación</b></p> <p>Aplicativo</p> <p><b>Nivel de investigación</b></p> <p>Experimental</p> <p><b>Diseño:</b></p> <p>Experimental, de carácter transversal</p> <p><b>Enfoque:</b></p> <p>Cuantitativa con procedimiento y análisis estadístico.</p> <p><b>Muestreo:</b></p> <p><b>Población:</b></p> <p>62.50 kg de palta Hass rechazada (comunidad de Chamana)</p> |

**Problemas específicos**

- ¿Cuál es la resistencia a la tracción del plástico biodegradable a partir de rechazos de pepas de palta (*Persea americana*) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho?
- ¿Qué fuerza de elongación presenta el plástico biodegradable a partir de rechazos de pepas de palta (*Persea americana*) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho?
- ¿Cuál es la tasa de biodegradabilidad del plástico biodegradable a partir de rechazos de pepas de palta (*Persea americana*) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho?

**Hipótesis específicas**

- No hay diferencias significativas en la resistencia a la tracción del plástico biodegradable elaborado a partir de rechazos de pepas de palta (*Persea americana*) variedad Hass.
- No hay diferencias significativas en la fuerza de elongación del plástico biodegradable elaborado a partir de rechazos de pepas de palta (*Persea americana*) variedad Hass.
- No hay diferencias significativas en la tasa de biodegradabilidad del plástico biodegradable elaborado a partir de rechazos de pepas de palta (*Persea americana*) variedad Hass.

**Variable dependiente:**

“Plástico biodegradable”

**Propiedades mecánicas**

- Resistencia a la tracción
- Fuerza de elongación

**Biodegradación aeróbica**

- Pérdida de peso
- Tiempo de degradación
- Tasa de biodegradabilidad

**Muestra:** 9 kg de pepa de palta variedad Hass

**Muestreo:**

Muestreo Aleatorio Simple (MAS)

**Técnicas.**

- Medidas de dispersión.
  - Medidas de tendencia central.
  - Medidas de distribución.
  - Análisis de Varianza (ANOVA)
  - Prueba Post Hoc de Tukey
- Instrumentos:**
- Instrumentos de laboratorio
  - Ficha de recolección de datos

## 8.1.2 Anexo 2: Certificado de ensayos de Tracción y Elongación

Departamento de Ingeniería  
Sección Ingeniería Mecánica  
LABORATORIO DE MATERIALES



CON SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD SEGÚN NTP ISO/IEC 17025

C/LMSIM/021/2024

Lima, 04 de noviembre del 2024

Señores  
**Universidad Nacional Autónoma de Huanta**  
Presente.

**Asunto:** Servicio Informe MAT-ENE-0053/2024

Estimados Señores:

Me es grato dirigirme a usted a fin de dar constancia que Sebastian Mavila Martinez, egresado de la carrera de Ingeniería y Gestión Ambiental de la Universidad Nacional Autónoma de Huanta ha realizado ensayos de Tracción y Elongación a la Rotura en las instalaciones del Laboratorio de Materiales de la Pontificia Universidad Católica del Perú como parte de su proyecto de tesis: "**Plástico biodegradable a partir de rechazos de pepa de palta (Persea americana) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho**".

Saludos cordiales.

Atentamente,

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
Sección Ingeniería Mecánica  
  
Dr. Ing. José Galpárraga U. CIP 22939  
Jefe del Laboratorio de Materiales

### 8.1.3 Anexo 3: Ficha de calibración de la Máquina de Ensayo Uniaxial



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Metrología

**Laboratorio de Fuerza, Torque y Presión**

## Certificado de Calibración

### LFP - C - 088 - 2023

Consistente con las capacidades de medida y  
Calibración (CMC – MRA)

Página 1 de 4

|                           |   |  |
|---------------------------|---|--|
| Expediente                | 1050016   | <p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>Este certificado es consistente con las capacidades que se incluyen en el Apéndice C del MRA elaborado por el CIPM. En el marco del MRA, todos los institutos participantes reconocen entre sí la validez de sus certificados de calibración y medición para las magnitudes, alcances e incertidumbres de medición especificados en el Apéndice C (para más detalles ver <a href="http://www.bipm.org">http://www.bipm.org</a>).</p> <p><i>This certificate is consistent with the capabilities that are included in Appendix C of the MRA drawn up by the CIPM. Under the MRA, all participating institutes recognize the validity of each other's calibration and measurement certificates for the quantities, ranges and measurement uncertainties specified in Appendix C (for details see <a href="http://www.bipm.org">http://www.bipm.org</a>).</i></p> |
| Solicitante               | <b>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU</b>       |  |
| Dirección                 | <b>Av. Universitaria N° 1801 Urb Pando San Miguel</b> |  |
| Instrumento de Medición   | <b>MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL</b>                     |  |
| Intervalo de Indicaciones | <b>0 N a 50 000 N</b>                                 |  |
| Resolución                | <b>0,1 N</b>  |  |
| Marca                     | <b>ZWICK ROELL</b>                                    |  |
| Modelo                    | <b>Z050</b>   |  |
| Número de Serie           | <b>216861 / 2013</b>                                  |  |
| Procedencia               | <b>ALEMANIA</b>                                       |  |
| Clase de Exactitud        | <b>NO INDICA</b>                                      |  |
| Fecha de Calibración      | <b>2023-08-10</b>                                     |  |

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL.  
Certificados sin firma digital y sello carecen de validez.

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| <br>Responsable del área    | <br>Responsable del laboratorio   |
| <br>Dirección de Metrología | <br>Firmado digitalmente por DE LA CRUZ GARCIA, Leonardo FAU 20600283015 soft Fecha: 2023-08-10 19:14:00<br>Firmado digitalmente por SANCHEZ AVILES, Ricardo Alfonso FAU 20600283015 soft Fecha: 2023-08-10 17:06:22<br>Dirección de Metrología |

**Instituto Nacional de Calidad - INACAL**  
**Dirección de Metrología**  
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima – Perú  
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501  
Email: [metrologia@inacal.gob.pe](mailto:metrologia@inacal.gob.pe)  
Web: [www.inacal.gob.pe](http://www.inacal.gob.pe)





## Certificado de Calibración

### LFP - C – 088 – 2023

Consistente con las capacidades de medida y  
Calibración (CMC – MRA)

Laboratorio de Fuerza, Torque y Presión

Página 2 de 4

#### Método de Calibración

Método de comparación tomando como referencia la Norma ISO 7500-1 "Metallic materials- Verification of static uniaxial testing machines

#### Lugar de Calibración

SALA DE POLÍMEROS Y COMPUESTOS  
Av. Universitaria N° 1801 Urb Pando San Miguel, Lima - Lima - Perú

#### Condiciones Ambientales

|             | Inicial | Final  |
|-------------|---------|--------|
| Temperatura | 22,8°C  | 23,2°C |

#### Patrones de referencia

| Trazabilidad metrológica   | Patrón de medición                               | Documento de calibración              |
|--|--|---------------------------------------|
| Patrón de referencia del Centro Nacional de Metrología de México (CENAM) | Transductor de Fuerza<br>LFP 02 035<br>Clase 0,5 | CNM-CC-720-406/2021<br>DE :2021-10-01 |
| Patrón de referencia del Centro Nacional de Metrología de México (CENAM) | Transductor de Fuerza<br>LFP 02 035<br>Clase 0,5 | CNM-CC-720-405/2021<br>DE: 2021-09-30 |

#### Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde INACAL-DM.



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Metrología

## Certificado de Calibración

### LFP - C – 088 – 2023

Consistente con las capacidades de medida y  
Calibración (CMC – MRA)

Laboratorio de Fuerza, Torque y Presión

Página 3 de 4

#### Resultados de Medición

**Dirección de Carga :** Tracción

| Indicación de Fuerza de la Máquina de Ensayo | Indicación en el transductor de fuerza patrón |                  |          |          |                               |       | P mm medio | Error de medición |
|--|---|------------------|----------|----------|-------------------------------|-------|------------|-------------------|
|  | 1ª Serie Ascenso                              | 2ª Serie Ascenso | 3ª Serie |          | 4ª Serie - Accesorios Ascenso |       |            |                   |
|  | (N)   | (N)              | Ascenso  | Descenso | (N)                           |       |            |                   |
| 2,0  | 1 000,0                                       | 1 003,8          | 1 002,2  | 1 000,6  | -----                         | ----- | 1 002,2    | -2,2              |
| 5,0  | 2 500,0                                       | 2 507,6          | 2 506,8  | 2 506,5  | -----                         | ----- | 2 507,0    | -7,0              |
| 10,0   | 5 000,0                                       | 5 016,8          | 5 014,6  | 5 012,3  | -----                         | ----- | 5 014,6    | -14,6             |
| 20,0   | 10 000,0                                      | 10 027,5         | 10 025,4 | 10 022,1 | -----                         | ----- | 10 025,0   | -25,0             |
| 30,0   | 15 000,0                                      | 15 041,3         | 15 032,8 | 15 031,9 | -----                         | ----- | 15 035,3   | -35,3             |
| 40,0   | 20 000,0                                      | 20 051,5         | 20 047,7 | 20 044,1 | -----                         | ----- | 20 047,8   | -47,8             |
| 50,0   | 25 000,0                                      | 25 065,0         | 25 057,2 | 25 054,4 | -----                         | ----- | 25 058,9   | -58,9             |
| 60,0   | 30 000,0                                      | 30 076,4         | 30 066,8 | 30 066,4 | -----                         | ----- | 30 069,9   | -69,9             |
| 80,0   | 40 000,0                                      | 40 116,1         | 40 102,1 | 40 103,8 | -----                         | ----- | 40 107,3   | -107,3            |
| 99,8   | 49 900,0                                      | 50 052,2         | 50 034,6 | 50 034,4 | -----                         | ----- | 50 040,4   | -140,4            |

#### Errores Encontrados del Sistema de Medición de Fuerza

| Valor Nominal                |          | Errores de medición relativos encontrados en % |                   |                    |                         |                      | Incertidumbre del error de medición U (%) $k=2$ |
|------------------------------|----------|--|-------------------|--------------------|-------------------------|----------------------|---|
| (%)                          | (N)      | Indicación $g$                                 | Repetibilidad $b$ | Reversibilidad $v$ | Resolución Relativa $a$ | Error con Accesorios |   |
| 2,0                          | 1 000,0  | -0,22  | 0,31              | -----              | 0,01                    | -----                | 0,31  |
| 5,0                          | 2 500,0  | -0,28  | 0,04              | -----              | 0,00                    | -----                | 0,26  |
| 10,0                         | 5 000,0  | -0,29  | 0,09              | -----              | 0,00                    | -----                | 0,26  |
| 20,0                         | 10 000,0 | -0,25  | 0,05              | -----              | 0,00                    | -----                | 0,45  |
| 30,0                         | 15 000,0 | -0,23  | 0,06              | -----              | 0,00                    | -----                | 0,30  |
| 40,0                         | 20 000,0 | -0,24  | 0,04              | -----              | 0,00                    | -----                | 0,23  |
| 50,0                         | 25 000,0 | -0,23  | 0,04              | -----              | 0,00                    | -----                | 0,18  |
| 60,0                         | 30 000,0 | -0,23  | 0,03              | -----              | 0,00                    | -----                | 0,15  |
| 80,0                         | 40 000,0 | -0,27  | 0,03              | -----              | 0,00                    | -----                | 0,15  |
| 99,8                         | 49 900,0 | -0,28  | 0,04              | -----              | 0,00                    | -----                | 0,15  |
| Error relativo de cero $f_0$ |          | 0,01   |                   |                    |                         |                      |   |

| Clase de la escala de la máquina | Valor máximo permitido % Según la Norma ISO 7500-1 |                   |                    |                         |            |
|----------------------------------|--|-------------------|--------------------|-------------------------|------------|
|                                  | Indicación $g$                                     | Repetibilidad $b$ | Reversibilidad $v$ | Resolución Relativa $a$ | Cero $f_0$ |
| 0.5                              | ±0.5   | 0.5               | ±0.75              | 0.25                    | ±0.05      |
| 1                                | ±1.0   | 1.0               | ±1.5               | 0.5                     | ±0.1       |
| 2                                | ±2.0   | 2.0               | ±3.0               | 1.0                     | ±0.2       |
| 3                                | ±3.0   | 3.0               | ±4.5               | 1.5                     | ±0.3       |

N = newton

La estimación de la incertidumbre fue realizada según el anexo C de la ISO 7500-1.

Instituto Nacional de Calidad - INACAL  
Dirección de Metrología  
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima – Perú  
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501  
email: metrologia@inacal.gob.pe  
WEB: www.inacal.gob.pe





# Certificado de Calibración

## LFP - C – 088 – 2023

Consistente con las capacidades de medida y Calibración (CMC – MRA)

Laboratorio de Fuerza, Torque y Presión

Página 4 de 4

### Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición", segunda edición, julio del 2001 (Traducción al castellano efectuada por Indecopi, con autorización de ISO, de la GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", corrected and reprinted in 1995, equivalente a la publicación del BIPM JCGM:100 2008, GUM 1995 with minor corrections "Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement").

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

### Recalibración

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

### DIRECCION DE METROLOGIA

El Servicio Nacional de Metrología (actualmente la Dirección de Metrología del INACAL), fue creado mediante Ley N° 23560 el 6 enero de 1983 y fue encomendado al INDECOPi mediante Decreto Supremo DS-024-93 ITINCI.

El 11 de julio 2014 fue aprobada la Ley N° 30224 la cual crea el Sistema Nacional de Calidad, y tiene como objetivo promover y garantizar el cumplimiento de la Política Nacional de Calidad para el desarrollo y la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor.

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Producción, es el cuerpo rector y autoridad técnica máxima en la normativa del Sistema Nacional de la Calidad y el responsable de la operación del sistema bajo las disposiciones de la ley, y tiene en el ámbito de sus competencias: Metrología, Normalización y Acreditación.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con diversos Laboratorios Metrológicos debidamente acondicionados, instrumentos de medición de alta exactitud y personal calificado. Cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad que cumple con las siguientes Normas internacionales vigentes ISO/IEC 17025; ISO 17034; ISO 27001 e ISO 37001; con lo cual se constituye en una entidad capaz de brindar un servicio integral, confiable y eficaz de aseguramiento metrológico para la industria, la ciencia y el comercio brindando trazabilidad metrológicamente válida al Sistema Internacional de Unidades SI y al Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con la cooperación técnica de organismos metrológicos internacionales de alto prestigio tales como: el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania; el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México; el National Institute of Standards and Technology (NIST) de USA; el Centro Español de Metrología (CEM) de España; el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina; el Instituto Nacional de Metrología (INMETRO) de Brasil; entre otros.

### LABORATORIO DE FUERZA Y PRESIÓN - LFP

Diversos servicios del Laboratorio de Fuerza y Presión cuentan con el reconocimiento internacional ya que están incluidos en el Apéndice C, dentro del marco del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo internacional (MRA) del Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM) conforme puede verse en la base de datos internacional del Bureau International des Poids et Mesures BIPM ingresando a este enlace

[http://www.bipm.org/exalead\\_kcdb/exa\\_kcdb.jsp?\\_c=+12386644022181527139&\\_C=eJyl.z2FizW0iL8t8HZ2cYp3LChlzUvjRH8miM8vKMNmZytmMIQzg1MTi5zQAKJBQwGDP\\_E5uSB2AZgsZChLSpIIM\\*ILHErzhMDJgAAAUGRu6&\\_p=AppC](http://www.bipm.org/exalead_kcdb/exa_kcdb.jsp?_c=+12386644022181527139&_C=eJyl.z2FizW0iL8t8HZ2cYp3LChlzUvjRH8miM8vKMNmZytmMIQzg1MTi5zQAKJBQwGDP_E5uSB2AZgsZChLSpIIM*ILHErzhMDJgAAAUGRu6&_p=AppC)

Concordantemente todos estos servicios tienen su Sistema de Calidad aprobado por el Quality System Task Force (QSTF) que es el grupo encargado de evaluar los Sistemas de Calidad de los Institutos Nacionales de Metrología INMs del Sistema Interamericano de Metrología (SIM).

Instituto Nacional de Calidad - INACAL  
Dirección de Metrología  
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima – Perú  
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501  
email: [metrologia@inacal.gob.pe](mailto:metrologia@inacal.gob.pe)  
WEB: [www.inacal.gob.pe](http://www.inacal.gob.pe)



### 8.1.4 Anexo 4: Validación de las fichas de recolección de datos

#### VALIDACIÓN DE LA FICHA POR JUICIO DE EXPERTOS

Yo, ING. Manuel Rodas Cataño con DNI N°: 08289096  
de profesión ING. Químico, por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación, el instrumento de recolección de datos del trabajo de Investigación denominado: "Plástico biodegradable a partir de rechazos de pepa de palta (Persea americana) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho", elaborado por el Bach. SEBASTIAN MAVILA MARTINEZ.

Luego de hacer las verificaciones, puedo formular las siguientes apreciaciones:

| N° | INDICADORES  | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|--|---|---|---|---|
| 1  | El Instrumento presenta coherencia con el problema de Investigación                        |   |   |   | X |
| 2  | El Instrumento guarda relación con los objetivos propuestos en la investigación            |   |   |   | X |
| 3  | El instrumento facilita la comprobación de la hipótesis que se plantea en la investigación |   |   |   | X |
| 4  | La redacción de los ítems es clara y apropiada   |   |   |   | X |
| 5  | En general el instrumento permite un manejo ágil de la información                         |   |   |   | X |
| 6  | El Instrumento evidencia el problema a solucionar  |   |   |   | X |

1-deficiente, 2-regular, 3-Bueno, 4-excelente


 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE HUANCAYO  
  
 Ing. Manuel Antonio Rodas Cataño  
RESPONSABLE LABORATORIO QUÍMICA

Firma


### VALIDACIÓN DE LA FICHA POR JUICIO DE EXPERTOS

Yo, FERNANDO GARI HUAYHUA LEVANO, con DNI N°: 41213348  
de profesión INGENIERO QUÍMICO, por medio de la presente hago  
constar que he revisado con fines de validación, el instrumento de recolección de  
datos del trabajo de Investigación denominado: "Plástico biodegradable a partir de  
rechazos de pepa de palta (Persea americana) variedad Hass: Caso Comunidad  
Chamana, Ayacucho", elaborado por el Bach. SEBASTIAN MAVILA MARTINEZ.

Luego de hacer las verificaciones, puedo formular las siguientes apreciaciones:

| Nº | INDICADORES  | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|--|---|---|---|---|
| 1  | El Instrumento presenta coherencia con el problema de Investigación                        |   |   |   | X |
| 2  | El Instrumento guarda relación con los objetivos propuestos en la investigación            |   |   |   | X |
| 3  | El instrumento facilita la comprobación de la hipótesis que se plantea en la investigación |   |   |   | X |
| 4  | La redacción de los ítems es clara y apropiada   |   |   |   | X |
| 5  | En general el instrumento permite un manejo ágil de la información                         |   |   |   | X |
| 6  | El Instrumento evidencia el problema a solucionar  |   |   |   | X |

1-deficiente, 2-regular, 3-Bueno, 4-excelente

  
Ing. FERNANDO GARI HUAYHUA LEVANO  
Ingeniero Químico  
Reg. Colegio de Ingenieros N° 209418

Firma

**VALIDACIÓN DE LA FICHA POR JUICIO DE EXPERTOS**

Yo, ROSARIO MELISA CURO AYALA, con DNI N°: 7718094  
 de profesión BIÓLOGA, por medio de la presente hago  
 constar que he revisado con fines de validación, el instrumento de recolección de  
 datos del trabajo de Investigación denominado: "Plástico biodegradable a partir de  
 rechazos de pepa de palta (Persea americana) variedad Hass: Caso Comunidad  
 Chamana, Ayacucho", elaborado por el Bach. SEBASTIAN MAVILA MARTINEZ.

Luego de hacer las verificaciones, puedo formular las siguientes apreciaciones:

| N° | INDICADORES  | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|--|---|---|---|---|
| 1  | El Instrumento presenta coherencia con el problema de Investigación                        |   |   | X |   |
| 2  | El Instrumento guarda relación con los objetivos propuestos en la investigación            |   |   | X |   |
| 3  | El instrumento facilita la comprobación de la hipótesis que se plantea en la investigación |   |   | X |   |
| 4  | La redacción de los ítems es clara y apropiada   |   |   | X |   |
| 5  | En general el instrumento permite un manejo ágil de la información                         |   |   | X |   |
| 6  | El Instrumento evidencia el problema a solucionar  |   |   | X |   |

1-deficiente, 2-regular, 3-Bueno, 4-excelente



.....  
 Bga. Rosario Melisa Curo Ayala  
 DOCENTE

Firma

## 8.1.5 Anexo 5: Ficha de recolección del almidón extraído

| UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA<br>FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL |  |                               |   |                |           |         |   |                  |
|--|--|-------------------------------|---|----------------|-----------|---------|---|------------------|
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS CUANTITATIVOS  |  |                               |   |                |           |         |   |                  |
| PROYECTO DE TESIS:   | "Plástico biodegradable a partir de rechazos de pepa de palta ( <i>Persea americana</i> ) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho" |                               |   |                |           |         |   |                  |
| AUTOR:   | Sebastian Mavila Martinez  |                               |   |                |           |         |   |                  |
| FECHA DE INICIO:   | 07/02/23   |                               |   |                |           |         |   |                  |
| FECHA DE FINALIZACIÓN:   | 15/06/24   |                               |   |                |           |         |   |                  |
| DATOS DEL ALMIDÓN EXTRAÍDO DE LAS PEPAS DE PALTA HASS RECHAZADAS   |  |                               |   |                |           |         |   |                  |
| N°   | FECHA  | PESO TOTAL DE PALTA RECHAZADA |   | PULPA EXTRAÍDA | TEGUMENTO | PEPA    |   | ALMIDÓN OBTENIDO |
| 1  | 07/02/2024   | 16.00 kg                      | → | 12.90 kg       | 0.80 kg   | 2.30 kg | → | 110 g            |
| 2  | 10/03/2024   | 14.50 kg                      | → | 11.40 kg       | 1.00 kg   | 2.10 kg | → | 95 g             |
| 3  | 16/04/2024   | 12.00 kg                      | → | 9.50 kg        | 0.80 kg   | 1.70 kg | → | 80 g             |
| 4  | 31/05/2024   | 10.50 kg                      | → | 8.30 kg        | 0.70 kg   | 1.50 kg | → | 75 g             |
| 5  | 15/06/2024   | 9.50 kg                       | → | 7.30 kg        | 0.80 kg   | 1.40 kg | → | 70 g             |
| <b>TOTAL:</b>  |  | 62.50 kg                      | → | 49.40 kg       | 4.10 kg   | 9.00 kg | → | 430 g            |

## 8.1.6 Anexo 6: Ficha de datos de biodegradabilidad

| UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA<br>FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL |            | UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA<br>FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL |          |                  |     |             |               |
|--|------------|--|----------|------------------|-----|-------------|---------------|
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS CUANTITATIVOS  |            |  |          |                  |     |             |               |
| PROYECTO DE TESIS:   |            | "Plástico biodegradable a partir de rechazos de pepa de palta (Persea americana) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho"    |          |                  |     |             |               |
| AUTOR:   |            | Sebastian Mavila Martinez  |          |                  |     |             |               |
| EXPERIMENTO:   |            | R1 - PL1   |          |                  |     |             |               |
| DATOS DE PÉRDIDA DE PESO DE LOS BIOPLÁSTICOS (PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD)   |            |  |          |                  |     |             |               |
| Nº   | FECHA      | HORA   | PESO (g) | TEMPERATURA (°C) | pH  | HUMEDAD (%) | OBSERVACIONES |
| 1  | 03/07/2024 | 8:45 am  | 0.24     | 14               | 8.5 | 57.84       |               |
| 2  | 09/07/2024 | 8:30 am  | 0.21     | 15               | 8.4 | 57.54       |               |
| 3  | 15/07/2024 | 9:10 am  | 0.19     | 15               | 8.2 | 56.43       |               |
| 4  | 21/07/2024 | 8:23 am  | 0.16     | 16               | 8.4 | 54.55       |               |
| 5  | 27/07/2024 | 9:17 am  | 0.13     | 14               | 8.3 | 53.45       |               |
| 6  | 02/08/2024 | 9:05 am  | 0.10     | 16               | 8.2 | 50.04       |               |





**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL**







**FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS CUANTITATIVOS**



|                           |   |
|---------------------------|---|
| <b>PROYECTO DE TESIS:</b> | "Plástico biodegradable a partir de rechazos de pepa de palta (Persea americana) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho" |
| <b>AUTOR:</b>             | Sebastian Mavila Martinez   |
| <b>EXPERIMENTO:</b>       | R2 - H1   |



| DATOS DE PÉRDIDA DE PESO DE LOS BIOPLÁSTICOS (PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD) |            |         |          |                  |     |             |               |
|--|------------|---------|----------|------------------|-----|-------------|---------------|
| Nº   | FECHA      | HORA    | PESO (g) | TEMPERATURA (°C) | pH  | HUMEDAD (%) | OBSERVACIONES |
| 1  | 03/07/2024 | 8:51 am | 0.15     | 15               | 8.4 | 57.54       |               |
| 2  | 09/07/2024 | 8:35 am | 0.13     | 15               | 8.3 | 56.13       |               |
| 3  | 15/07/2024 | 9:17 am | 0.12     | 16               | 8.4 | 54.24       |               |
| 4  | 21/07/2024 | 8:29 am | 0.11     | 16               | 8.2 | 53.86       |               |
| 5  | 27/07/2024 | 9:25 am | 0.09     | 15               | 8.2 | 52.09       |               |
| 6  | 02/08/2024 | 9:12 am | 0.06     | 16               | 8.3 | 49.74       |               |

|  <b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN</b><br><b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL</b> |            |    |          |                  |     |             |               |
|---|------------|---|----------|------------------|-----|-------------|---------------|
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS CUANTITATIVOS   |            |   |          |                  |     |             |               |
| PROYECTO DE TESIS:  |            | "Plástico biodegradable a partir de rechazos de pepa de palta (Persea americana) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho" |          |                  |     |             |               |
| AUTOR:  |            | Sebastian Mavila Martinez   |          |                  |     |             |               |
| EXPERIMENTO:  |            | R3 - H1   |          |                  |     |             |               |
| DATOS DE PÉRDIDA DE PESO DE LOS BIOLÁSTICOS (PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD)   |            |   |          |                  |     |             |               |
| Nº  | FECHA      | HORA  | PESO (g) | TEMPERATURA (°C) | pH  | HUMEDAD (%) | OBSERVACIONES |
| 1   | 03/07/2024 | 8:58 am   | 0.21     | 14               | 8.4 | 56.43       |               |
| 2   | 09/07/2024 | 8:41 am   | 0.18     | 16               | 8.4 | 54.55       |               |
| 3   | 15/07/2024 | 9:24 am   | 0.15     | 17               | 8.3 | 53.45       |               |
| 4   | 21/07/2024 | 8:36 am   | 0.13     | 17               | 8.2 | 52.65       |               |
| 5   | 27/07/2024 | 9:34 am   | 0.11     | 15               | 8.4 | 51.24       |               |
| 6   | 02/08/2024 | 9:18 am   | 0.08     | 17               | 8.2 | 48.63       |               |

| <br>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA<br>FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL<br> |            | FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS CUANTITATIVOS   |          |                  |     |             |               |  |
|--|------------|---|----------|------------------|-----|-------------|---------------|--|
| PROYECTO DE TESIS:   |            | "Plástico biodegradable a partir de rechazos de pepa de palta (Persea americana) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho" |          |                  |     |             |               |  |
| AUTOR:   |            | Sebastian Mavila Martinez   |          |                  |     |             |               |  |
| EXPERIMENTO:   |            | R1 - M2   |          |                  |     |             |               |  |
| DATOS DE PÉRDIDA DE PESO DE LOS BIOPLÁSTICOS (PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD)   |            |   |          |                  |     |             |               |  |
| Nº   | FECHA      | HORA  | PESO (g) | TEMPERATURA (°C) | pH  | HUMEDAD (%) | OBSERVACIONES |  |
| 1  | 03/07/2024 | 9:05am  | 0.50     | 15               | 8.2 | 62.35       |               |  |
| 2  | 09/07/2024 | 8:47am  | 0.44     | 16               | 8.1 | 60.23       |               |  |
| 3  | 15/07/2024 | 9:28am  | 0.42     | 17               | 8.0 | 57.34       |               |  |
| 4  | 21/07/2024 | 8:42am  | 0.38     | 17               | 8.1 | 56.60       |               |  |
| 5  | 27/07/2024 | 9:39am  | 0.33     | 15               | 8.0 | 55.12       |               |  |
| 6  | 02/08/2024 | 9:23am  | 0.28     | 17               | 7.9 | 54.55       |               |  |

| <br><b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN</b><br><b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL</b> |            |    |          |                  |     |             |               |
|--|------------|---|----------|------------------|-----|-------------|---------------|
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS CUANTITATIVOS  |            |   |          |                  |     |             |               |
| PROYECTO DE TESIS:   |            | "Plástico biodegradable a partir de rechazos de pepa de palta (Persea americana) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho" |          |                  |     |             |               |
| AUTOR:   |            | Sebastian Mavila Martinez   |          |                  |     |             |               |
| EXPERIMENTO:   |            | R2 - M2   |          |                  |     |             |               |
| DATOS DE PÉRDIDA DE PESO DE LOS BIOPLÁSTICOS (PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD)   |            |   |          |                  |     |             |               |
| Nº   | FECHA      | HORA  | PESO (g) | TEMPERATURA (°C) | pH  | HUMEDAD (%) | OBSERVACIONES |
| 1  | 03/05/2024 | 9:11 am   | 0.44     | 16               | 8.3 | 63.25       |               |
| 2  | 09/07/2024 | 8:54 am   | 0.42     | 17               | 8.1 | 62.27       |               |
| 3  | 15/07/2024 | 9:34 am   | 0.38     | 18               | 8.0 | 59.15       |               |
| 4  | 21/07/2024 | 8:48 am   | 0.35     | 18               | 7.9 | 58.44       |               |
| 5  | 27/07/2024 | 9:36 am   | 0.32     | 16               | 7.9 | 56.61       |               |
| 6  | 02/08/2024 | 9:27 am   | 0.28     | 18               | 8.0 | 55.45       |               |

| <br><b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN</b><br><b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL</b> |            |    |          |                  |     |             |               |
|--|------------|---|----------|------------------|-----|-------------|---------------|
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS CUANTITATIVOS  |            |   |          |                  |     |             |               |
| PROYECTO DE TESIS:   |            | "Plástico biodegradable a partir de rechazos de pepa de palta (Persea americana) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho" |          |                  |     |             |               |
| AUTOR:   |            | Sebastian Mavila Martinez   |          |                  |     |             |               |
| EXPERIMENTO:   |            | R3 - M2   |          |                  |     |             |               |
| DATOS DE PÉRDIDA DE PESO DE LOS BIOPLÁSTICOS (PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD)   |            |   |          |                  |     |             |               |
| Nº   | FECHA      | HORA  | PESO (g) | TEMPERATURA (°C) | pH  | HUMEDAD (%) | OBSERVACIONES |
| 1  | 03/07/2024 | 9:16 am   | 0.42     | 15               | 8.3 | 61.25       |               |
| 2  | 09/07/2024 | 8:59 am   | 0.40     | 17               | 8.2 | 58.70       |               |
| 3  | 15/07/2024 | 9:41 am   | 0.37     | 18               | 8.0 | 57.60       |               |
| 4  | 21/07/2024 | 8:56 am   | 0.34     | 18               | 8.0 | 56.61       |               |
| 5  | 27/07/2024 | 9:42 am   | 0.32     | 16               | 7.9 | 54.15       |               |
| 6  | 02/08/2024 | 9:34 am   | 0.30     | 18               | 8.0 | 53.45       |               |

| <br><b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN</b><br><b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL</b> |            |    |          |                  |     |             |               |
|--|------------|---|----------|------------------|-----|-------------|---------------|
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS CUANTITATIVOS  |            |   |          |                  |     |             |               |
| PROYECTO DE TESIS:   |            | "Plástico biodegradable a partir de rechazos de pepa de palta (Persea americana) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho" |          |                  |     |             |               |
| AUTOR:   |            | Sebastian Mavila Martinez   |          |                  |     |             |               |
| EXPERIMENTO:   |            | R1 - M3   |          |                  |     |             |               |
| DATOS DE PÉRDIDA DE PESO DE LOS BIOPLÁSTICOS (PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD)   |            |   |          |                  |     |             |               |
| N°   | FECHA      | HORA  | PESO (g) | TEMPERATURA (°C) | pH  | HUMEDAD (%) | OBSERVACIONES |
| 1  | 03/07/2024 | 9:22am  | 0.62     | 16               | 8.1 | 56.21       |               |
| 2  | 09/07/2024 | 9:07am  | 0.58     | 18               | 8.2 | 54.15       |               |
| 3  | 15/07/2024 | 9:46am  | 0.54     | 18               | 8.1 | 52.86       |               |
| 4  | 21/07/2024 | 9:01am  | 0.51     | 18               | 8.0 | 51.24       |               |
| 5  | 27/07/2024 | 9:47am  | 0.46     | 15               | 8.1 | 50.04       |               |
| 6  | 02/08/2024 | 9:39am  | 0.41     | 18               | 7.9 | 48.41       |               |



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL**



**FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS CUANTITATIVOS**

|                           |   |
|---------------------------|---|
| <b>PROYECTO DE TESIS:</b> | "Plástico biodegradable a partir de rechazos de pepa de palta (Persea americana) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho" |
| <b>AUTOR:</b>             | Sebastian Mavila Martinez   |
| <b>EXPERIMENTO:</b>       | <u>R 2 - M3</u>   |

| DATOS DE PÉRDIDA DE PESO DE LOS BIOPLÁSTICOS (PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD) |            |         |          |                  |     |             |               |
|--|------------|---------|----------|------------------|-----|-------------|---------------|
| Nº   | FECHA      | HORA    | PESO (g) | TEMPERATURA (°C) | pH  | HUMEDAD (%) | OBSERVACIONES |
| 1  | 03/07/2024 | 9:26 am | 0.67     | 17               | 8.2 | 58.70       |               |
| 2  | 09/07/2024 | 9:13 am | 0.62     | 18               | 8.1 | 57.60       |               |
| 3  | 15/07/2024 | 9:52 am | 0.58     | 19               | 8.0 | 56.61       |               |
| 4  | 21/07/2024 | 9:07 am | 0.51     | 19               | 8.1 | 54.15       |               |
| 5  | 27/07/2024 | 9:54 am | 0.49     | 16               | 8.0 | 53.69       |               |
| 6  | 02/08/2024 | 9:43 am | 0.46     | 19               | 7.9 | 50.90       |               |



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL**



**FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS CUANTITATIVOS**



**PROYECTO DE TESIS:** "Plástico biodegradable a partir de rechazos de pepa de palta (Persea americana) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho"

**AUTOR:** Sebastian Mavila Martinez

**EXPERIMENTO:** R-3 - R3

**DATOS DE PÉRDIDA DE PESO DE LOS BIOPLÁSTICOS (PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD)**

| Nº | FECHA      | HORA   | PESO (g) | TEMPERATURA (°C) | pH  | HUMEDAD (%) | OBSERVACIONES |
|----|------------|--------|----------|------------------|-----|-------------|---------------|
| 1  | 03/07/2024 | 9:32am | 0.59     | 16               | 8.3 | 57.60       |               |
| 2  | 09/07/2024 | 9:19am | 0.54     | 17               | 8.2 | 56.15       |               |
| 3  | 15/07/2024 | 9:59am | 0.51     | 18               | 8.2 | 54.41       |               |
| 4  | 21/07/2024 | 9:14am | 0.46     | 18               | 8.2 | 53.83       |               |
| 5  | 27/07/2024 | 9:58am | 0.40     | 15               | 8.1 | 52.61       |               |
| 6  | 02/08/2024 | 9:49am | 0.37     | 18               | 8.1 | 49.80       |               |

|  <b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN</b><br><b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL</b>  |   |          |          |                  |     |             |               |
|---|---|----------|----------|------------------|-----|-------------|---------------|
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS CUANTITATIVOS   |   |          |          |                  |     |             |               |
| PROYECTO DE TESIS:  | "Plástico biodegradable a partir de rechazos de pepa de palta (Persea americana) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho" |          |          |                  |     |             |               |
| AUTOR:  | Sebastian Mavila Martinez   |          |          |                  |     |             |               |
| EXPERIMENTO:  | <b>R1 - M4</b>  |          |          |                  |     |             |               |
| DATOS DE PÉRDIDA DE PESO DE LOS BIOPLASTICOS (PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD)  |   |          |          |                  |     |             |               |
| N°  | FECHA   | HORA     | PESO (g) | TEMPERATURA (°C) | pH  | HUMEDAD (%) | OBSERVACIONES |
| 1   | 03/07/2024  | 9:38 am  | 0.62     | 17               | 8.5 | 62.70       |               |
| 2   | 09/07/2024  | 9:24 am  | 0.60     | 18               | 8.3 | 61.98       |               |
| 3   | 15/07/2024  | 10:05 am | 0.51     | 19               | 8.2 | 60.04       |               |
| 4   | 21/07/2024  | 9:21 am  | 0.48     | 19               | 8.2 | 58.34       |               |
| 5   | 27/07/2024  | 10:04 am | 0.45     | 16               | 8.3 | 57.33       |               |
| 6   | 02/08/2024  | 9:55 am  | 0.39     | 19               | 8.1 | 54.90       |               |

| UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA                                    |            | FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN  |          | ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL |     |             |               |
|--|------------|---|----------|---|-----|-------------|---------------|
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS CUANTITATIVOS                                |            |   |          |   |     |             |               |
| PROYECTO DE TESIS:   |            | "Plástico biodegradable a partir de rechazos de pepa de palta (Persea americana) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho" |          |   |     |             |               |
| AUTOR:   |            | Sebastian Mavila Martinez   |          |   |     |             |               |
| EXPERIMENTO:   |            | P2- M4  |          |   |     |             |               |
| DATOS DE PÉRDIDA DE PESO DE LOS BIOPLASTICOS (PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD) |            |   |          |   |     |             |               |
| Nº   | FECHA      | HORA  | PESO (g) | TEMPERATURA (°C)                                      | pH  | HUMEDAD (%) | OBSERVACIONES |
| 1  | 03/07/2024 | 9:44 am   | 0.66     | 16  | 8.4 | 62.42       |               |
| 2  | 09/07/2024 | 9:29 am   | 0.63     | 18  | 8.3 | 60.52       |               |
| 3  | 15/07/2024 | 10:09 am  | 0.57     | 18  | 8.3 | 58.32       |               |
| 4  | 21/07/2024 | 9:27 am   | 0.53     | 19  | 8.2 | 57.19       |               |
| 5  | 27/07/2024 | 10:09 am  | 0.47     | 16  | 8.3 | 55.61       |               |
| 6  | 02/08/2024 | 10:00 am  | 0.43     | 19  | 8.2 | 54.62       |               |



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL**

**FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS CUANTITATIVOS**



PROYECTO DE TESIS: "Plástico biodegradable a partir de rechazos de pepa de palta (Persea americana) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho"

AUTOR: Sebastian Mavila Martinez

EXPERIMENTO: P3 - M4

**DATOS DE PERDIDA DE PESO DE LOS BIOPLÁSTICOS (PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD)**

| Nº | FECHA      | HORA     | PESO (g) | TEMPERATURA (°C) | pH  | HUMEDAD (%) | OBSERVACIONES |
|----|------------|----------|----------|------------------|-----|-------------|---------------|
| 1  | 03/07/2024 | 09:50 am | 0.74     | 18               | 8.5 | 63.51       |               |
| 2  | 09/07/2024 | 09:34 am | 0.68     | 19               | 8.4 | 62.42       |               |
| 3  | 15/07/2024 | 10:15 am | 0.66     | 19               | 8.4 | 60.98       |               |
| 4  | 21/07/2024 | 09:32 am | 0.57     | 20               | 8.2 | 59.04       |               |
| 5  | 27/07/2024 | 10:16 am | 0.53     | 17               | 8.3 | 57.34       |               |
| 6  | 02/08/2024 | 10:06 am | 0.49     | 19               | 8.2 | 55.71       |               |

| <br><b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN</b><br><b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL</b> |            |    |          |                  |     |             |               |
|--|------------|---|----------|------------------|-----|-------------|---------------|
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS CUANTITATIVOS  |            |   |          |                  |     |             |               |
| PROYECTO DE TESIS:   |            | "Plástico biodegradable a partir de rechazos de pepa de palta (Persea americana) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho" |          |                  |     |             |               |
| AUTOR:   |            | Sebastian Mavila Martinez   |          |                  |     |             |               |
| EXPERIMENTO:   |            | R1 - N5   |          |                  |     |             |               |
| DATOS DE PÉRDIDA DE PESO DE LOS BIOPLÁSTICOS (PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD)   |            |   |          |                  |     |             |               |
| Nº   | FECHA      | HORA  | PESO (g) | TEMPERATURA (°C) | pH  | HUMEDAD (%) | OBSERVACIONES |
| 1  | 03/07/2024 | 9:54 am   | 0.75     | 17               | 8.3 | 57.34       |               |
| 2  | 09/07/2024 | 9:40 am   | 0.73     | 18               | 8.3 | 55.18       |               |
| 3  | 15/07/2024 | 10:21 am  | 0.68     | 18               | 8.4 | 54.46       |               |
| 4  | 21/07/2024 | 9:38 am   | 0.60     | 19               | 8.2 | 52.69       |               |
| 5  | 27/07/2024 | 10:27 am  | 0.55     | 16               | 8.1 | 50.61       |               |
| 6  | 02/08/2024 | 10:10 am  | 0.49     | 18               | 7.9 | 49.54       |               |

| UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA   |            | FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN |          | ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL |     |             |               |
|---|------------|----------------------------------|----------|---|-----|-------------|---------------|
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS CUANTITATIVOS   |            | PROYECTO DE TESIS:               |          | AUTOR:  |     |             |               |
| "Plástico biodegradable a partir de rechazos de pepa de palta (Persea americana) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho" |            | Sebastian Mavila Martinez        |          | EXPERIMENTO: <u>R-2-M5</u>                            |     |             |               |
| DATOS DE PÉRDIDA DE PESO DE LOS BIOPLÁSTICOS (PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD)  |            |                                  |          |   |     |             |               |
| Nº  | FECHA      | HORA                             | PESO (g) | TEMPERATURA (°C)                                      | pH  | HUMEDAD (%) | OBSERVACIONES |
| 1   | 03/02/2024 | 10:00am                          | 0.71     | 16  | 8.3 | 57.26       |               |
| 2   | 09/02/2024 | 9:47am                           | 0.66     | 17  | 8.4 | 56.21       |               |
| 3   | 15/02/2024 | 10:28am                          | 0.60     | 18  | 8.4 | 54.30       |               |
| 4   | 21/02/2024 | 9:45am                           | 0.56     | 19  | 8.3 | 53.17       |               |
| 5   | 23/02/2024 | 10:28am                          | 0.50     | 15  | 8.2 | 51.39       |               |
| 6   | 02/03/2024 | 10:16am                          | 0.46     | 18  | 8.1 | 49.46       |               |



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL**



**FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS CUANTITATIVOS**

**PROYECTO DE TESIS:** "Plástico biodegradable a partir de rechazos de pepa de palta (Persea americana) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho"

**AUTOR:** Sebastian Mavila Martinez

**EXPERIMENTO:** 23-115

| DATOS DE PÉRDIDA DE PESO DE LOS BIOPLÁSTICOS (PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD) |            |         |          |                  |     |             |               |
|--|------------|---------|----------|------------------|-----|-------------|---------------|
| Nº   | FECHA      | HORA    | PESO (g) | TEMPERATURA (°C) | pH  | HUMEDAD (%) | OBSERVACIONES |
| 1  | 03/07/2024 | 10:07am | 0.77     | 17               | 8.2 | 58.51       |               |
| 2  | 09/07/2024 | 9:52am  | 0.76     | 18               | 8.1 | 57.34       |               |
| 3  | 15/07/2024 | 10:33am | 0.65     | 19               | 8.3 | 56.21       |               |
| 4  | 21/07/2024 | 9:51am  | 0.63     | 19               | 8.2 | 54.15       |               |
| 5  | 27/07/2024 | 10:32am | 0.57     | 17               | 8.0 | 53.69       |               |
| 6  | 02/08/2024 | 10:22am | 0.53     | 19               | 8.1 | 50.71       |               |



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL**



**FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS CUANTITATIVOS**



**PROYECTO DE TESIS:** "Plástico biodegradable a partir de rechazos de pepa de palta (Persea americana) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho"

**AUTOR:** Sebastian Mavila Martinez



**EXPERIMENTO:** P1 - 116



| DATOS DE PÉRDIDA DE PESO DE LOS BIOPLÁSTICOS (PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD) |            |          |          |                  |     |             |               |
|--|------------|----------|----------|------------------|-----|-------------|---------------|
| N°   | FECHA      | HORA     | PESO (g) | TEMPERATURA (°C) | pH  | HUMEDAD (%) | OBSERVACIONES |
| 1  | 03/07/2024 | 10:12am  | 0.58     | 18               | 8.5 | 59.89       |               |
| 2  | 09/07/2024 | 9:58am   | 0.55     | 19               | 8.4 | 58.70       |               |
| 3  | 15/07/2024 | 10:38am  | 0.49     | 19               | 8.5 | 57.60       |               |
| 4  | 21/07/2024 | 9:59am   | 0.43     | 20               | 8.5 | 56.61       |               |
| 5  | 24/07/2024 | 10:40 am | 0.39     | 17               | 8.4 | 55.76       |               |
| 6  | 02/08/2024 | 10:21 am | 0.30     | 19               | 8.3 | 52.09       |               |



|  <b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN</b><br><b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL</b> |            |    |          |                  |     |             |               |
|---|------------|---|----------|------------------|-----|-------------|---------------|
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS CUANTITATIVOS   |            |   |          |                  |     |             |               |
| PROYECTO DE TESIS:  |            | "Plástico biodegradable a partir de rechazos de pepa de paila (Persea americana) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho" |          |                  |     |             |               |
| AUTOR:  |            | Sebastian Mavila Martinez   |          |                  |     |             |               |
| EXPERIMENTO:  |            | Q2 - M6   |          |                  |     |             |               |
| DATOS DE PÉRDIDA DE PESO DE LOS BIOPLÁSTICOS (PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD)  |            |   |          |                  |     |             |               |
| N°  | FECHA      | HORA  | PESO (g) | TEMPERATURA (°C) | pH  | HUMEDAD (%) | OBSERVACIONES |
| 1   | 03/07/2024 | 10:18 am  | 0.62     | 17               | 8.4 | 59.04       |               |
| 2   | 09/07/2024 | 10:04 am  | 0.58     | 18               | 8.5 | 58.51       |               |
| 3   | 15/07/2024 | 10:44 am  | 0.50     | 19               | 8.4 | 57.34       |               |
| 4   | 21/07/2024 | 10:06 am  | 0.46     | 20               | 8.2 | 56.21       |               |
| 5   | 27/07/2024 | 10:45 am  | 0.39     | 17               | 8.1 | 54.15       |               |
| 6   | 02/08/2024 | 10:32 am  | 0.34     | 19               | 8.2 | 51.24       |               |



|  <b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN</b><br><b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL</b> |            |  |          |                  |     |             |               |
|---|------------|---|----------|------------------|-----|-------------|---------------|
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS CUANTITATIVOS   |            |   |          |                  |     |             |               |
| <b>PROYECTO DE TESIS:</b><br>"Plástico biodegradable a partir de rechazos de pepa de palta (Persea americana) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho"  |            | <b>AUTOR:</b><br>Sebastian Mavila Martinez  |          |                  |     |             |               |
| <b>EXPERIMENTO:</b><br>P3-16  |            |   |          |                  |     |             |               |
| DATOS DE PÉRDIDA DE PESO DE LOS BIOPLÁSTICOS (PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD)  |            |   |          |                  |     |             |               |
| Nº  | FECHA      | HORA  | PESO (g) | TEMPERATURA (°C) | pH  | HUMEDAD (%) | OBSERVACIONES |
| 1   | 03/07/2024 | 10:23am   | 0.58     | 16               | 8.5 | 60.98       |               |
| 2   | 09/07/2024 | 10:10 am  | 0.52     | 17               | 8.3 | 59.89       |               |
| 3   | 15/07/2024 | 10:49 am  | 0.48     | 18               | 8.4 | 58.70       |               |
| 4   | 21/07/2024 | 10:12am   | 0.42     | 19               | 8.3 | 57.60       |               |
| 5   | 27/07/2024 | 10:51am   | 0.38     | 16               | 8.2 | 56.61       |               |
| 6   | 02/08/2024 | 10:37am   | 0.34     | 18               | 8.1 | 53.18       |               |

| UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA                                    |   | FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN            |          | ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL |     |             |               |
|--|---|---|----------|---|-----|-------------|---------------|
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS CUANTITATIVOS                                |   | FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS CUANTITATIVOS |          | FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS CUANTITATIVOS           |     |             |               |
| PROYECTO DE TESIS:   | "Plástico biodegradable a partir de rechazos de papa de palta (Persea americana) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho" |   |          |   |     |             |               |
| AUTOR:   | Sebastian Mavila Martinez   |   |          |   |     |             |               |
| EXPERIMENTO:   | R1-M7   |   |          |   |     |             |               |
| DATOS DE PÉRDIDA DE PESO DE LOS BIOPLÁSTICOS (PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD) |   |   |          |   |     |             |               |
| Nº   | FECHA   | HORA  | PESO (g) | TEMPERATURA (°C)                                      | pH  | HUMEDAD (%) | OBSERVACIONES |
| 1  | 03/07/2024  | 10:29 am                                    | 0.44     | 17  | 8.3 | 65.15       |               |
| 2  | 09/07/2024  | 10:15 am                                    | 0.43     | 18  | 8.3 | 63.34       |               |
| 3  | 15/07/2024  | 10:56 am                                    | 0.38     | 19  | 8.4 | 62.74       |               |
| 4  | 21/07/2024  | 10:18 am                                    | 0.30     | 19  | 8.3 | 60.98       |               |
| 5  | 27/07/2024  | 10:57 am                                    | 0.27     | 17  | 8.2 | 59.04       |               |
| 6  | 02/08/2024  | 10:42 am                                    | 0.23     | 19  | 8.3 | 57.35       |               |



| UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA<br>FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL                    |            | FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS CUANTITATIVOS                                       |          |                  |     |             |               |
|---|------------|---|----------|------------------|-----|-------------|---------------|
|    |            |  |          |                  |     |             |               |
| PROYECTO DE TESIS:<br>"Plástico biodegradable a partir de rechazos de pepa de paila (Persea americana) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho" |            | AUTOR:<br>Sebastian Mavila Martinez   |          |                  |     |             |               |
| EXPERIMENTO: R2- H7   |            | DATOS DE PÉRDIDA DE PESO DE LOS BIOPLÁSTICOS (PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD)        |          |                  |     |             |               |
| Nº  | FECHA      | HORA  | PESO (g) | TEMPERATURA (°C) | pH  | HUMEDAD (%) | OBSERVACIONES |
| 1   | 03/07/2024 | 10:35 am  | 0.45     | 18               | 8.4 | 63.86       |               |
| 2   | 09/07/2024 | 10:21 am  | 0.41     | 19               | 8.3 | 62.81       |               |
| 3   | 15/07/2024 | 11:03 am  | 0.39     | 18               | 8.4 | 60.43       |               |
| 4   | 21/07/2024 | 10:24 am  | 0.36     | 20               | 8.2 | 59.44       |               |
| 5   | 27/07/2024 | 11:05 am  | 0.30     | 17               | 8.3 | 57.87       |               |
| 6   | 02/08/2024 | 10:47 am  | 0.26     | 20               | 8.3 | 56.06       |               |



| <br><b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN</b><br><b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL</b> |            |  |          |                  |     |             |               |
|--|------------|---|----------|------------------|-----|-------------|---------------|
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS CUANTITATIVOS  |            |   |          |                  |     |             |               |
| <b>PROYECTO DE TESIS:</b><br>"Plástico biodegradable a partir de rechazos de pepa de palta (Persea americana) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho"   |            | <b>AUTOR:</b><br>Sebastian Mavila Martinez  |          |                  |     |             |               |
| <b>EXPERIMENTO:</b><br>23 - 17   |            |   |          |                  |     |             |               |
| DATOS DE PÉRDIDA DE PESO DE LOS BIOPLÁSTICOS (PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD)   |            |   |          |                  |     |             |               |
| N°   | FECHA      | HORA  | PESO (g) | TEMPERATURA (°C) | pH  | HUMEDAD (%) | OBSERVACIONES |
| 1  | 03/07/2024 | 10:40 am  | 0.46     | 17               | 8.3 | 66.61       |               |
| 2  | 09/07/2024 | 10:23 am  | 0.43     | 18               | 8.4 | 65.15       |               |
| 3  | 15/07/2024 | 11:08 am  | 0.38     | 19               | 8.2 | 63.86       |               |
| 4  | 21/07/2024 | 10:29 am  | 0.30     | 20               | 8.2 | 62.7        |               |
| 5  | 27/07/2024 | 11:11 am  | 0.28     | 18               | 8.3 | 60.98       |               |
| 6  | 02/08/2024 | 10:51 am  | 0.25     | 19               | 8.2 | 58.81       |               |

|  <b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN</b><br><b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL</b> |            |    |          |                  |     |             |               |
|---|------------|---|----------|------------------|-----|-------------|---------------|
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS CUANTITATIVOS   |            |   |          |                  |     |             |               |
| <b>PROYECTO DE TESIS:</b>   |            | "Plástico biodegradable a partir de rechazos de pepa de palta (Persea americana) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho" |          |                  |     |             |               |
| <b>AUTOR:</b>   |            | Sebastian Mavila Martinez   |          |                  |     |             |               |
| <b>EXPERIMENTO:</b>   |            | R1 - M8   |          |                  |     |             |               |
| DATOS DE PÉRDIDA DE PESO DE LOS BIOPLÁSTICOS (PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD)  |            |   |          |                  |     |             |               |
| Nº  | FECHA      | HORA  | PESO (g) | TEMPERATURA (°C) | pH  | HUMEDAD (%) | OBSERVACIONES |
| 1   | 03/07/2024 | 10:46am   | 0.61     | 16               | 8.3 | 63.56       |               |
| 2   | 09/07/2024 | 10:23am   | 0.54     | 17               | 8.2 | 62.42       |               |
| 3   | 15/07/2024 | 11:13am   | 0.49     | 18               | 8.2 | 60.98       |               |
| 4   | 21/07/2024 | 10:34am   | 0.43     | 19               | 8.1 | 59.04       |               |
| 5   | 24/07/2024 | 11:19am   | 0.39     | 17               | 8.2 | 57.84       |               |
| 6   | 02/08/2024 | 10:58am   | 0.37     | 19               | 8.1 | 55.76       |               |

|  <b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN</b><br><b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL</b> |            |    |          |                  |     |             |               |
|---|------------|---|----------|------------------|-----|-------------|---------------|
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS CUANTITATIVOS   |            |   |          |                  |     |             |               |
| PROYECTO DE TESIS:  |            | "Plástico biodegradable a partir de rechazos de pepa de palta (Persea americana) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho" |          |                  |     |             |               |
| AUTOR:  |            | Sebastian Mavila Martinez   |          |                  |     |             |               |
| EXPERIMENTO:  |            | R2 - M8   |          |                  |     |             |               |
| DATOS DE PÉRDIDA DE PESO DE LOS BIOPLÁSTICOS (PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD)  |            |   |          |                  |     |             |               |
| N°  | FECHA      | HORA  | PESO (g) | TEMPERATURA (°C) | pH  | HUMEDAD (%) | OBSERVACIONES |
| 1   | 03/07/2024 | 10:52 am  | 0.50     | 17               | 8.3 | 64.23       |               |
| 2   | 09/07/2024 | 10:27 am  | 0.47     | 18               | 8.3 | 63.17       |               |
| 3   | 15/07/2024 | 11:18 am  | 0.44     | 18               | 8.2 | 62.25       |               |
| 4   | 21/07/2024 | 10:40 am  | 0.40     | 20               | 8.3 | 60.98       |               |
| 5   | 27/07/2024 | 11:23 am  | 0.36     | 18               | 8.3 | 59.04       |               |
| 6   | 02/08/2024 | 11:05 am  | 0.28     | 20               | 8.2 | 56.43       |               |

| UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA                                    |   | FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN |          | ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL |     |             |               |
|--|---|----------------------------------|----------|---|-----|-------------|---------------|
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS CUANTITATIVOS                                |   |                                  |          |   |     |             |               |
| PROYECTO DE TESIS:   | "Plástico biodegradable a partir de rechazos de pepa de palta (Persea americana) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho" |                                  |          |   |     |             |               |
| AUTOR:   | Sebastian Mavila Martinez   |                                  |          |   |     |             |               |
| EXPERIMENTO:   | R3-M8   |                                  |          |   |     |             |               |
| DATOS DE PÉRDIDA DE PESO DE LOS BIOPLÁSTICOS (PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD) |   |                                  |          |   |     |             |               |
| N°   | FECHA   | HORA                             | PESO (g) | TEMPERATURA (°C)                                      | pH  | HUMEDAD (%) | OBSERVACIONES |
| 1  | 03/07/2024  | 11:58am                          | 0.58     | 16  | 8.2 | 63.17       |               |
| 2  | 09/07/2024  | 10:33am                          | 0.54     | 18  | 8.3 | 62.04       |               |
| 3  | 15/07/2024  | 11:23am                          | 0.50     | 17  | 8.2 | 60.98       |               |
| 4  | 21/07/2024  | 10:45am                          | 0.46     | 19  | 8.1 | 59.04       |               |
| 5  | 27/07/2024  | 11:28am                          | 0.40     | 16  | 8.2 | 57.34       |               |
| 6  | 02/08/2024  | 11:11am                          | 0.36     | 19  | 8.1 | 55.37       |               |

| <br><b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN</b><br><b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL</b> |            |    |          |                  |     |             |               |
|--|------------|---|----------|------------------|-----|-------------|---------------|
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS CUANTITATIVOS  |            |   |          |                  |     |             |               |
| PROYECTO DE TESIS:   |            | "Plástico biodegradable a partir de rechazos de pepa de palta (Persea americana) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho" |          |                  |     |             |               |
| AUTOR:   |            | Sebastian Mavila Martinez   |          |                  |     |             |               |
| EXPERIMENTO:   |            | P 1 - M9  |          |                  |     |             |               |
| DATOS DE PÉRDIDA DE PESO DE LOS BIOPLÁSTICOS (PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD)   |            |   |          |                  |     |             |               |
| Nº   | FECHA      | HORA  | PESO (g) | TEMPERATURA (°C) | pH  | HUMEDAD (%) | OBSERVACIONES |
| 1  | 03/07/2024 | 12:07 pm  | 1.00     | 18               | 8.3 | 53.69       |               |
| 2  | 09/07/2024 | 10:38 am  | 0.94     | 19               | 8.2 | 52.61       |               |
| 3  | 15/07/2024 | 11:29 am  | 0.86     | 19               | 8.2 | 51.24       |               |
| 4  | 21/07/2024 | 10:52 am  | 0.83     | 20               | 8.3 | 50.04       |               |
| 5  | 27/07/2024 | 11:33 am  | 0.78     | 18               | 8.1 | 48.60       |               |
| 6  | 02/08/2024 | 11:18 am  | 0.71     | 20               | 8.2 | 45.89       |               |

| <br>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA<br>FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL<br> |            | FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS CUANTITATIVOS   |          |                  |     |             |               |  |
|--|------------|---|----------|------------------|-----|-------------|---------------|--|
| PROYECTO DE TESIS:   |            | "Plástico biodegradable a partir de rechazos de pepa de palta (Persea americana) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho" |          |                  |     |             |               |  |
| AUTOR:   |            | Sebastian Mavila Martinez   |          |                  |     |             |               |  |
| EXPERIMENTO:   |            | 22 - 119  |          |                  |     |             |               |  |
| DATOS DE PÉRDIDA DE PESO DE LOS BIOPLÁSTICOS (PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD)   |            |   |          |                  |     |             |               |  |
| N°   | FECHA      | HORA  | PESO (g) | TEMPERATURA (°C) | pH  | HUMEDAD (%) | OBSERVACIONES |  |
| 1  | 03/07/2024 | 12:12 pm  | 0.97     | 17               | 8.2 | 54.10       |               |  |
| 2  | 09/07/2024 | 10:42 am  | 0.90     | 18               | 8.3 | 53.69       |               |  |
| 3  | 15/07/2024 | 11:35 am  | 0.85     | 19               | 8.2 | 52.61       |               |  |
| 4  | 21/07/2024 | 10:57 am  | 0.79     | 19               | 8.1 | 51.24       |               |  |
| 5  | 27/07/2024 | 11:38 am  | 0.73     | 17               | 8.1 | 50.04       |               |  |
| 6  | 02/08/2024 | 11:24 am  | 0.69     | 20               | 8.1 | 46.30       |               |  |

| UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA                                    |            | FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN  |          | ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL |     |             |               |
|--|------------|---|----------|---|-----|-------------|---------------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA                                    |            | FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN  |          | ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL |     |             |               |
| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS CUANTITATIVOS                                |            |   |          |   |     |             |               |
| PROYECTO DE TESIS:   |            | "Plástico biodegradable a partir de rechazos de pepa de palta (Persea americana) variedad Hass: Caso Comunidad Chamana, Ayacucho" |          |   |     |             |               |
| AUTOR:   |            | Sebastian Mavila Martinez   |          |   |     |             |               |
| EXPERIMENTO:   |            | R-3 - M9  |          |   |     |             |               |
| DATOS DE PÉRDIDA DE PESO DE LOS BIOPLÁSTICOS (PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD) |            |   |          |   |     |             |               |
| Nº   | FECHA      | HORA  | PESO (g) | TEMPERATURA (°C)                                      | pH  | HUMEDAD (%) | OBSERVACIONES |
| 1  | 03/04/2024 | 12:19 pm  | 0.82     | 18  | 8.3 | 56.50       |               |
| 2  | 09/04/2024 | 10:47 am  | 0.75     | 19  | 8.2 | 54.15       |               |
| 3  | 15/04/2024 | 11:42 am  | 0.69     | 19  | 8.1 | 53.69       |               |
| 4  | 21/04/2024 | 11:03 am  | 0.65     | 20  | 8.2 | 52.61       |               |
| 5  | 27/04/2024 | 11:44 am  | 0.59     | 18  | 8.2 | 51.24       |               |
| 6  | 02/08/2024 | 11:29 am  | 0.55     | 20  | 8.1 | 48.70       |               |