



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA AGROINDUSTRIA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**ELABORACIÓN DE CONTENEDORES TIPO BANDEJA
BIODEGRADABLES CON MESOCARPIO DE COCO Y
EPICARPIO DE MARACUYÁ PARA LA CONSERVACIÓN DE
FRUTAS**

AUTOR

FERNÁNDEZ ANCHUNDIA JOHN PABLO

TUTOR

Ing. ZÚÑIGA MORENO LUIS EDUARDO, MSc.

GUAYAQUIL, ECUADOR

2026



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA AGROINDUSTRIA**

APROBACIÓN DEL TUTOR

El suscrito, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: ELABORACIÓN DE CONTENEDORES TIPO BANDEJA BIODEGRADABLES CON MESOCARPIO DE COCO Y EPICARPIO DE MARACUYÁ PARA LA CONSERVACIÓN DE FRUTAS, realizado por el estudiante FERNÁNDEZ ANCHUNDIA JOHN PABLO; con cédula de identidad N° 1207781632 de la carrera AGROINDUSTRIA, Campus Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Ing. Luis Zúñiga Moreno, M.Sc.

Guayaquil, 12 de marzo de 2026



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA AGROINDUSTRIA**

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: “ELABORACIÓN DE CONTENEDORES TIPO BANDEJA BIODEGRADABLES CON MESOCARPIO DE COCO Y EPICARPIO DE MARACUYÁ PARA LA CONSERVACIÓN DE FRUTAS”, realizado por el estudiante FERNÁNDEZ ANCHUNDIA JOHN PABLO, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Ing. PALMAY JULIO, M.Sc.
PRESIDENTE

Ing. GUILCAMAIGUA DORIS, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. GARCÍA YOANSY, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. ZÚÑIGA LUIS, M.Sc.
EXAMINADOR SUPLENTE

Guayaquil, 12 de marzo de 2026

DEDICATORIA

A Dios por ser el pilar fundamental en mi vida, a mis padres John Yerodis Fernández Soto y Fanny Matilde Anchundia Gutiérrez, ya que sin ellos nada de esto hubiera sido posible y han estado siempre para mí. A mis hermanas Gabriela, Mariuxi y Elizabeth, a mis abuelitos paternos, Pedro Anchundia y Carmen Gutiérrez, a mi abuelita paterna, Fanny Soto, a mi mejor amiga Laylin Carriel, a mi enamorada, a mis primos Jorge, Fabiana y Yair, a mi cuñado Marco Sotomayor, a todos mis compañeros y amigos de clases, y a toda mi familia paterna y materna. A mi tutor por guiarme durante todo este tiempo en la elaboración de mi tesis. También se lo dedico a todas y cada una de las personas que fueron parte de este proceso de una o de otra forma.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, gracias a Dios, siempre ha sido mi guía y mi refugio en cualquier situación de mi vida. A mis padres que sin ellos esto no hubiera sido posible, siempre han sido mi fortaleza para seguir adelante ante las adversidades, papá John Yerodis Fernández Soto y mamá Fanny Matilde Anchundia Gutiérrez, esto es por ustedes y para ustedes. Gracias a mi familia, gracias a mi enamorada, a mis amigos y mis compañeros. Gracias a mi tutor, el Ing. Luis Zúñiga, por guiarme sin ningún problema y con ideas brillantes. Gracias a todos los ingenieros docentes que fueron parte de mi formación académica, siempre los llevaré en mi mente y en mi corazón, a todos mis compañeros, futuros colegas, que formaron parte de toda esta travesía de mi vida, la universidad, me llevo los recuerdos, momentos, risas, tristezas, enojos, de todo un poco, pero espero que siempre les vaya bien en todo lo que hagan en su vida.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo FERNÁNDEZ ANCHUNDIA JOHN PABLO, en calidad de autor(a) del proyecto realizado, sobre “ELABORACIÓN DE CONTENEDORES TIPO BANDEJA BIODEGRADABLES CON MESOCARPIO DE COCO Y EPICARPIO DE MARACUYÁ PARA LA CONSERVACIÓN DE FRUTAS” para optar el título de INGENIERO AGROINDUSTRIAL, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 12 de marzo de 2026

FERNÁNDEZ ANCHUNDIA JOHN PABLO
C.I. 1207781632

RESUMEN

La creciente contaminación ambiental generada por los plásticos de un solo uso ha impulsado el desarrollo de materiales biodegradables a partir de residuos agroindustriales. En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo elaborar y evaluar contenedores tipo bandeja biodegradables a partir de mesocarpio de coco y epicarpio de maracuyá para la conservación de frutas, como una alternativa a los envases plásticos convencionales. Metodológicamente, se formularon tres tratamientos experimentales y se evaluaron sus propiedades mecánicas mediante ensayos de resistencia a la tracción, elongación y dureza, además del porcentaje de biodegradación en suelo y agua. Los resultados mostraron diferencias significativas entre tratamientos, destacándose el T2 con mayor esfuerzo máximo (2,544 MPa), elongación (6,229 %) y dureza (52,13) Shore D, mientras que el T1 presentó la mayor carga máxima (0,038 kN). En cuanto a la biodegradación, se evidenció una pérdida progresiva de masa en todos los tratamientos, alcanzando valores cercanos al 8 % y mostrando una degradación más rápida en agua que en suelo. Asimismo, se evaluó la conservación de tres frutas (uvas, manzanas y peras) mediante análisis fisicoquímicos de pH, °Brix y acidez titulable. En uvas almacenadas en bandejas biodegradables se registraron valores de 13,80 °Brix, pH 3,95 y acidez 0,41 %, manteniéndose dentro de los rangos normativos; en manzanas se obtuvieron valores de 10,23 °Brix y pH 3,99, mientras que en peras se registró el mayor contenido de sólidos solubles con 13,16 °Brix y pH 4,29. En conclusión, los contenedores desarrollados constituyen una alternativa viable, funcional y ambientalmente sostenible frente a los envases plásticos convencionales.

Palabras clave: biodegradables, coco, maracuyá, propiedades mecánicas.

ABSTRACT

The increasing environmental pollution caused by single-use plastics has promoted the development of biodegradable materials derived from agro-industrial residues. In this context, the objective of this research was to develop and evaluate biodegradable tray-type containers made from coconut mesocarp and passion fruit epicarp for fruit preservation as an alternative to conventional plastic packaging. Methodologically, three experimental treatments were formulated, and their mechanical properties were evaluated using tensile strength, elongation, and hardness tests, as well as the percentage of biodegradation in soil and water. The results showed significant differences among treatments, with T2 standing out for its higher maximum stress (2.544 MPa), elongation (6.229%), and hardness (52.13 Shore D), while T1 presented the highest maximum load (0.038 kN). Regarding biodegradation, a progressive mass loss was observed across all treatments, reaching approximately 8%, with faster degradation in water than in soil. Furthermore, the preservation of three fruits (grapes, apples, and pears) was evaluated through physicochemical analyses of pH, °Brix, and titratable acidity. Grapes stored in biodegradable trays showed values of 13.80 °Brix, pH 3.95, and acidity of 0.41%, remaining within normative ranges; apples presented values of 10.23 °Brix and pH 3.99, while pears registered the highest soluble solids content, with 13.16 °Brix and pH 4.29. In conclusion, the developed containers constitute a viable, functional, and environmentally sustainable alternative to conventional plastic packaging.

Keywords: biodegradable, coconut, mechanical properties, passion fruit

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes del problema.....	1
1.2 Planteamiento y formulación del problema.....	1
1.3 Justificación de la investigación.....	3
1.4 Delimitación de la investigación.....	4
1.5 Objetivo general.....	5
1.6 Objetivos específicos.....	5
1.7 Hipótesis o idea a defender.....	5
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Estado de arte.....	6
2.2 Bases teórica.....	8
2.3 Marco Legal.....	23
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
3.1 Enfoque de la investigación.....	26
3.2 Metodología.....	26
4. RESULTADOS.....	42
4.1 Determinación de las propiedades mecánicas (tracción, elongación y dureza) de los contenedores tipo bandeja biodegradables.....	42
4.2 Cálculo del porcentaje de degradación de los contendedores tipo bandeja biodegradables en dos tipos de biodegradación: suelo y agua.....	44
4.3 Comparación mediante análisis fisicoquímicos (pH, grados Brix y acidez titulable), la eficacia en la conservación de frutas almacenadas en refrigeración utilizando contenedores tipo bandeja biodegradables frente a contenedores convencionales.....	51
5. DISCUSIÓN.....	55
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	58
6.1 Conclusiones.....	58
6.2 Recomendaciones.....	59
BIBLIOGRAFÍA.....	60
ANEXOS.....	67

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N°1: Figura de las partes del coco.....	67
Anexo N°2: Figura de las partes del maracuyá	67
Anexo N°3: Resultados de ANOVA Grados Brix en uvas	68
Anexo N°4: Resultados de ANOVA Grados Brix en manzanas	68
Anexo N°5: Resultados de ANOVA Grados Brix en peras	69
Anexo N°6: Resultados de ANOVA pH en uvas.....	69
Anexo N°7: Resultados de ANOVA pH en manzanas.....	70
Anexo N°8: Resultados de ANOVA pH en peras	70
Anexo N°9: Resultados de ANOVA acidez titulable en uvas	71
Anexo N°10: Resultados de ANOVA acidez titulable en manzanas	71
Anexo N°11: Resultados de ANOVA acidez titulable en peras	72
Anexo N°12: Resultados de ANOVA de carga máxima (kN)	72
Anexo N°13: Resultados de ANOVA de esfuerzo máximo (MPa).....	73
Anexo N°14: Resultados de ANOVA de elongación (%).....	73
Anexo N°15: Resultados de ANOVA de dureza (Shore D)	74
Anexo N°16: Gráfico de barras de la carga máxima (kN).....	74
Anexo N°17: Gráfico de barras de esfuerzo máximo (MPa)	75
Anexo N°18: Gráfico de barras de elongación (%).....	75
Anexo N°19: Gráfico de barras de dureza (Shore D)	76
Anexo N°20: Análisis de dureza a las muestras.....	76
Anexo N°21: Equipo de medición de dureza	77
Anexo N°22: Muestras para determinar la resistencia a tracción.....	77
Anexo N°23: Determinación de la resistencia a tracción.....	78
Anexo N°24: Muestras de biodegradación en suelo.....	78
Anexo N°25: Muestras de biodegradación en agua	79
Anexo N°26: Muestras de frutas a analizar	79
Anexo N°27: Medición de grados Brix a las muestras de frutas	80
Anexo N°28: Medición de pH a las muestras de frutas	80
Anexo N°29: Medida de acidez titulable en muestras de frutas	81
Anexo N°30: Resultados de resistencia a la tracción del T1.....	81
Anexo N°31: Gráfico de resistencia a la tracción en el T1	82
Anexo N°32: Resultados de resistencia a la tracción del T2.....	82

Anexo N°33: Gráfico de resistencia a la tracción en el T2	83
Anexo N°34: Resultados de resistencia a la tracción del T3.....	83
Anexo N°35: Gráfico de resistencia a la tracción en el T3	84
Anexo N°36: Resultados de la Dureza de los T1, T2 y T3	84

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes del problema

Desde 1950, cuando surgió la producción masiva de plásticos, los volúmenes producidos de estos materiales han superado a los de casi cualquier otro. La capacidad de la humanidad para gestionar enormes cantidades de plástico producido y desechado ha sido ampliamente excedida (Pinto, Rocha y Duarte, 2020).

En la actualidad, el medio ambiente enfrenta serias crisis de polución, poniendo en peligro la existencia de todas las especies a nivel global, incluida la de los humanos. Anualmente, se generan más de 400 millones de toneladas de plástico en el planeta; de esta cantidad, un tercio se utiliza una única vez (Mariscal, Esparza, y Coello, 2023).

El primer y principal problema, relacionado con los plásticos es que no son biodegradables. Este se descompone, deteriora y se rompe, lo que provoca que se reduzca continuamente en tamaño a causa de elementos como el calor, la radiación UV, el aire, entre otros. Estos aplican presiones físicas que lo convierten en micro y nanopartículas de plástico, que son minúsculas partículas que surgen de la descomposición de plásticos de mayor tamaño (Buteler, 2019).

Los autores Mercado y Collazos (2022) señalan que los residuos o subproductos agroindustriales corresponden a materiales sólidos o líquidos originados durante la transformación de materias primas, los cuales, en la mayoría de los casos, no presentan un aprovechamiento posterior dentro de la cadena productiva. La gestión inadecuada de estos residuos por parte de las agroindustrias tiene un impacto directo en el deterioro del equilibrio ambiental. En este contexto, las industrias dedicadas al procesamiento de frutas generan desechos como hojas, semillas, cáscaras, estopa y vástagos que, al no recibir un tratamiento adecuado, se convierten en una fuente de contaminación ambiental y representan, además, un problema económico debido a los costos asociados a su disposición final (Aguar, Enríquez y Uvidia, 2022).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

Ecuador no es ajeno a los problemas de contaminación ambiental derivados del uso excesivo e indiscriminado de plásticos, especialmente los de un solo uso.

Se estima que alrededor del 80 % de los hogares en el país emplean fundas plásticas tipo camiseta para la adquisición de alimentos y que, en promedio, cada persona utiliza diariamente al menos dos productos plásticos de un solo uso. Esta situación provocó que, en el año 2019, se generaran más de 528 000 toneladas de residuos plásticos, evidenciando la magnitud del impacto ambiental asociado a estos materiales (López, Pomaquero, y López, 2020).

La industria alimentaria es una de las industrias que principalmente utiliza el plástico en forma de contenedores, elementos publicitarios, avisos, vallas, envases, recipientes, bolsas y bandejas destinados a productos agroalimentarios, que, al no ser adecuadamente reciclados, reutilizados o reducidos, son finalmente desechados y expuestos a las condiciones ambientales y a la acción de los factores climáticos, los cuales se descomponen en micro plásticos por acción de las condiciones del medio ambiente, tales como: luz, viento, lluvia, temperatura, humedad, etc (Rivas, Gracia, y Gómez, 2023).

En Ecuador se estima una generación anual cercana a 2,2 millones de toneladas de residuos agroindustriales, constituidos predominantemente por matrices lignocelulósicas y materiales con alto contenido de almidón. Estos subproductos representan una fuente abundante y estratégica de biomasa, con elevado potencial para su valor agregado mediante procesos tecnológicos y biotecnológicos, permitiendo su utilización como materias primas, agentes de refuerzo o precursores en la formulación y desarrollo de materiales y productos biodegradables, descomponiéndose de forma natural en el ambiente (Aguiar, Enríquez, y Uvidia, 2022)

En los últimos años se ha intensificado el interés científico y tecnológico por el desarrollo e investigación de bioplásticos de origen natural como alternativas sostenibles y renovables a los plásticos convencionales. Estos materiales pueden clasificarse como biobasados, biodegradables o presentar ambas propiedades de manera simultánea. En particular, los bioplásticos biodegradables ofrecen ventajas ambientales significativas frente a los polímeros tradicionales, ya que pueden descomponerse mediante procesos biológicos en compuestos ambientalmente inocuos, como dióxido de carbono (CO_2), agua (H_2O), biomasa y sales minerales (Solórzano, Vargas, Ponce, Rosero y Riera, 2023).

1.2.2 Formulación del problema

¿Es posible que los contenedores biodegradables elaborados con mesocarpio de coco y epicarpio de maracuyá ofrezcan, características apropiadas junto a una alternativa eficaz y sostenible a los contenedores plásticos en la conservación de frutas?

1.3 Justificación de la investigación

La gestión de los residuos agroindustriales resulta deficiente en relación con los impactos ambientales que genera. Con frecuencia, una proporción significativa de estos residuos es sometida a procesos de quema no controlada o dispuesta de manera inadecuada en botaderos a cielo abierto, terrenos baldíos o superficies secas, desde donde son fácilmente dispersados por la acción del viento. Esta práctica contribuye al taponamiento de cauces hídricos y a la degradación del paisaje. No obstante, debido a sus propiedades químicas y biológicas, estos subproductos representan un recurso de alto valor con potencial de aprovechamiento en diversas aplicaciones tecnológicas y productivas (Riera, Maldonado y Palma, 2018).

Es por ello que, en el mundo actual, resulta cada vez más relevante la incorporación de materiales de embalaje ambientalmente sostenibles, basados en el uso de fibras naturales, como una estrategia para mitigar los efectos del calentamiento global. Entre estas fibras, la proveniente del mesocarpio de coco ha adquirido creciente reconocimiento debido a sus ventajas ecológicas, consolidándose como una alternativa viable para aplicaciones de envasado sostenible. Su carácter renovable, bajo impacto ambiental y costo accesible, junto con la ausencia de requerimientos de aditivos químicos durante su procesamiento, contribuyen a la reducción de costos de producción y refuerzan su potencial para el desarrollo de soluciones de envases ecológicos (Brios et al., 2023).

El epicarpio de maracuyá representa el 52 % del total de la fruta, este subproducto de la agroindustria es desechada posterior a su transformación. Estudios previos afirman que la mayor concentración de pectina se encuentra en epicarpio, siendo esta una oportunidad para ser aprovechada en la industria de plásticos con características biodegradables (López, Mefleh y Puerchambud, 2022).

La investigación sobre la creación de compuestos formados por matrices poliméricas biodegradables y fibras naturales ha ganado atención en el ámbito industrial en los últimos años. La creciente preocupación por el medio ambiente, junto con las regulaciones y un uso más responsable de los recursos, promueve la transición paulatina de materiales sintéticos derivados del petróleo hacia opciones compuestas más sostenibles. La inclusión de fibras celulósicas en un compuesto mejora significativamente las características mecánicas de la matriz, ya que funcionan como nucleadores por su estructura heterogénea. Asimismo, hay una amplia gama de fibras de fuentes renovables que tienen un bajo impacto ambiental, son más ligeras y poseen excelentes propiedades mecánicas (Calderón y Ortega, 2019).

En consecuencia, la presente investigación plantea una alternativa frente a la problemática asociada a la generación de residuos plásticos y subproductos agroindustriales, promoviendo un aprovechamiento más eficiente y responsable de los recursos naturales. El análisis de las propiedades mecánicas resulta fundamental para asegurar la integridad, calidad y vida útil del producto contenido, así como para optimizar las condiciones de manipulación, almacenamiento y transporte. La fabricación de contenedores tipo bandeja biodegradables no solo reviste importancia desde el punto de vista científico y tecnológico, sino que además contribuye de manera significativa a la sostenibilidad ambiental y al fortalecimiento de la economía rural.

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** La investigación se desarrolló en la Universidad Agraria del Ecuador, en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias, Campus – Guayaquil.
- **Tiempo:** El presente estudio se llevó a cabo durante el periodo comprendido de 8 meses.
- **Población:** Fue dirigido al público en general y con interés en la utilización de contenedores alimenticios biodegradables.

1.5 Objetivo general

Elaborar contenedores tipo bandeja biodegradables con mesocarpio de coco y epicarpio de maracuyá para la conservación de frutas, como una alternativa sustentable a los envases plásticos convencionales

1.6 Objetivos específicos

- Determinar propiedades mecánicas (tracción, dureza y elongación) de los contenedores tipo bandeja biodegradables.
- Calcular el porcentaje de degradación de los contenedores tipo bandeja biodegradables en dos tipos de biodegradación: suelo y agua.
- Comparar, mediante análisis fisicoquímicos (pH, grados Brix y acidez titulable), la eficacia en la conservación de frutas almacenadas en refrigeración utilizando contenedores tipo bandeja biodegradables frente a contenedores convencionales.

1.7 Hipótesis o idea a defender

Los contenedores tipo bandeja biodegradables elaboradas a partir del desperdicio de mesocarpio de coco y epicarpio de maracuyá aprobarán las propiedades mecánicas, porcentaje de degradación y ayudarán a la conservación de frutas que permitirá ser una alternativa viable y sostenible respecto a los contenedores plásticos convencionales.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estado de arte

Esta investigación titulada “Obtención y caracterización de un bioplástico a base de cáscara de coco y papaya” se determinó una formulación óptima para la producción de un bioplástico elaborado a partir de mesocarpio de coco y papaya mediante el método de *casting*. La formulación empleó mesocarpio de papaya en concentraciones de 15 a 39 g, mesocarpio de coco entre 0,1 y 2 g, almidón de maíz de 10 a 20 g, glicerina de 5 a 10 mL, ácido acético de 5 a 10 mL y ácido ascórbico al 5 % en volúmenes de 100 a 200 mL. El material obtenido presentó un elevado grado de biodegradabilidad, así como una superficie de textura lisa, adecuada flexibilidad y buena resistencia mecánica (Macías, Anchundia, García, García, y Giler, 2023).

Aguilar, García y Vallejo (2020) emplearon como materia prima principal el tallo de banano, conocido como fibra de musa, reconocida como una de las fibras naturales de mayor resistencia a nivel mundial. Esta fibra, de naturaleza biodegradable, está constituida principalmente por celulosa, hemicelulosas y lignina, y se caracteriza por propiedades destacadas como finura, capacidad de rotación y elevada resistencia a la tracción. Los ensayos realizados sobre platos y vasos biodegradables elaborados con este material evidenciaron valores satisfactorios en términos de estabilidad dimensional, finura y resistencia tanto a la deformación como a la humedad, además de presentar tiempos de degradación reducidos tras su uso. Asimismo, mediante análisis de espectrofotometría infrarroja (IR), los autores confirmaron la obtención de un material con alta resistencia, comparable e incluso superior a la de algunos polímeros empleados convencionalmente en la fabricación de plásticos.

Este estudio titulado “Evaluation of Coconut (*Cocos nucifera*) Husk Fibre as a Potential Reinforcing Material for Bioplastic Production” mencionan que formularon cinco composiciones de bioplásticos que contenían 0% (control), 5 %, 10 %, 15 % y 20 % de fibra de mesocarpio de coco. En esta investigación los autores analizaron la resistencia a la tracción, el módulo de elasticidad, la energía de impacto, la absorción de agua y la biodegradabilidad. Los resultados obtenidos mostraron que los valores de resistencia a la tracción oscilaron entre 0,36 y 0,68 MPa; mientras que el módulo de elasticidad osciló entre $2,7 \times 10^6$ y $4,9 \times 10^6$ N/m². El rango de energía de impacto fue de 1,73 a 3,7 J (Babalola y Olorunnisola, 2019).

El análisis de varianza mostró que el contenido de fibra de mesocarpio de coco tuvo un efecto significativo sobre la resistencia a la tracción. La energía del impacto aumentó con un aumento en el contenido de fibra hasta un 15 %. Además, la absorción de agua (27,3 - 42,9 %) aumentó con el aumento del contenido de fibra. Observaron una degradación completa de todas las muestras de bioplástico después de un mes de enterrarlas en el suelo.

En este estudio titulado “Bio-packaging based on a composite of paper waste and coconut fiber”, los autores crearon bioenvases hechos a partir de un compuesto de papel usado y fibra de coco. Midieron características físicas de los compuestos, propiedades mecánicas y su biodegradabilidad. Este bioplástico se puede aplicar para fabricar envases con una fuerza de elevación de más de 10 kg.m/s². Además, se puede degradar en agua dulce y agua de mar. Según la prueba de percepción, el bioenvase es superior al plástico de un solo uso, excepto en el aspecto de resistencia (Noor, Afriani, Puriza y Tiandho, 2020).

Esta investigación titulada “Efecto de un empaque biodegradable en las propiedades fisicoquímicas en poscosecha de la manzana cultivar ‘Anna’”, los autores (Posada, Forero, y Deaquiz, 2025), señalan que una alternativa tecnológica para reducir el deterioro de los frutos es la aplicación de atmósferas modificadas; no obstante, advierten que muchos de los materiales de envasado empleados, como el polietileno, constituyen una problemática ambiental debido a la generación de residuos. En su investigación se compararon dos sistemas de empaque: un envase convencional de polietileno y otro elaborado con material biodegradable a base de maíz, además de un tratamiento control sin modificación de la atmósfera. Sobre los frutos se evaluaron diversas variables fisicoquímicas y fisiológicas, entre las que se incluyeron la pérdida de masa, el color, la firmeza, la acidez total titulable, los sólidos solubles totales, el índice de madurez y la tasa respiratoria.

En otro estudio los autores Linares, Corzo, Bautista, y Gómez (2021), en su trabajo titulado “Elaboración de un envase primario para alimentos a partir de residuos de maíz y piñón mexicano” se desarrolló y caracterizó un envase de papel hecho con pulpa derivada de desechos fibrosos de piñón mexicano, así como de los tallos y hojas de maíz, con el fin de examinar su efectividad en extender la duración de chiles serranos guardados a temperatura ambiente. Los hallazgos llevaron a la conclusión de que el material de envasado ofreció una defensa adecuada al producto, ayudando a preservar aspectos de calidad tales como la

firmeza, el nivel de humedad, el color y la vitamina C, sin provocar cambios significativos en la tendencia del pH, la acidez medible ni la pérdida de peso, manteniendo de este modo la calidad apta para el consumo del alimento.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Coco

2.2.1.1. Generalidades.

Cocos nucifera L. es considerada una fruta tropical de morfología predominantemente redondeada, cuyas dimensiones varían entre 20 y 30 cm, con un peso que puede alcanzar hasta 2,5 kg. El fruto del cocotero está constituido por diversas capas estructurales: una capa externa denominada exocarpio, que puede presentar características suaves o lignificadas; un mesocarpio conformado por tejidos fibrosos de alta dureza, el cual representa aproximadamente el 35 % del peso total del fruto; y una capa interna conocida como endocarpio, que generalmente envuelve a la semilla, denominada comúnmente testa. Finalmente, se encuentra el endospermo, correspondiente a la pulpa comestible del fruto (Vaca, González, y Vaca, 2021). En el Anexo N°1 se pueden observar con más detalles las partes del coco.

2.2.1.2. Origen.

El origen de la palma de coco (*Cocos nucifera* L.) continúa siendo objeto de discusión a nivel mundial, debido a su proceso de domesticación ocurrido en épocas remotas. Diversas evidencias sugieren que esta especie es nativa del sudeste asiático, abarcando regiones desde la península de Malasia hasta Nueva Guinea. No obstante, en la actualidad el cocotero se encuentra distribuido en aproximadamente 93 países, lo cual se atribuye a su elevada adaptabilidad y a la capacidad de sus frutos para dispersarse a grandes distancias mediante flotación en ambientes marinos, favoreciendo su expansión hacia múltiples regiones tropicales (Clamont, Madera, Fernández, y Santos, 2021).

2.2.1.3. Clasificación taxonómica.

El coco pertenece a la familia *Palmaceae*, la cual comprende aproximadamente 235 géneros, siendo el cocotero integrante del género *Cocos* y de la especie *nucifera*. La palma que produce el coco se caracteriza por presentar un tronco único de crecimiento vertical, alcanzando alturas comprendidas entre 20

y 25 m. Esta especie se desarrolla óptimamente en condiciones de clima tropical húmedo, con precipitaciones anuales entre 1 500 y 2 000 mm bien distribuidas a lo largo del año y temperaturas promedio que oscilan entre 21 y 32 °C (Valverde, Gutiérrez, Guapisaca, y Villafuerte, 2022).

A continuación, se describe la clasificación taxonómica del coco.

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Liliopsida*

Orden: *Arecales*

Familia: *Arecaceae*

Género: *Cocos*

Especie: *Cocos nucifera L.*

2.2.1.4. Composición nutricional.

El coco se caracteriza por su elevado contenido de ácidos grasos saturados, lo que le confiere un aporte energético considerable en comparación con otras frutas. Presenta una baja proporción de hidratos de carbono y un contenido proteico reducido; no obstante, destaca por su alto nivel de fibra dietética, la cual favorece el tránsito intestinal y contribuye a la disminución del riesgo de diversas alteraciones y patologías. Asimismo, contiene vitamina E con función antioxidante, además de vitaminas hidrosolubles del complejo B, esenciales para el adecuado funcionamiento metabólico del organismo (Romero, Rosado, Sablón, y Burbano, 2020). En la Tabla 1 podemos observar con más detalles la composición nutricional del este fruto.

Tabla 1.***Composición nutricional del coco***

Componente	Valor
Energía	354 kcal
Proteína	3.33 g
Lípidos totales	33.5 g
Carbohidratos	15.2 g
Fibra total	9 g
Azúcares totales	6.23 g
Agua	47 g
Calcio	14 mg
Hierro	2,43 mg
Magnesio	32 mg
Zinc	1.1 mg
Sodio	20 mg
Potasio	256 mg
Fosforo	113 mg
Selenio	10.1 mg
Tiamina (Vitamina B1)	0.066 mg
Riboflavina (Vitamina B2)	0.02 mg
Niacina (Vitamina B3)	0.54 mg
Ácido pantoténico (Vitamina B5)	0.3 mg
Vitamina B6	0.054 mg
Folato	26 mg
Vitamina C	3.3 mg
Vitamina E	0.24 mg

Nota: Valor nutricional por cada 100 g de pulpa

Fuente: United States Department of Agriculture (USDA) (2019).

Elaborado por: El Autor, 2026

2.2.1.5. Mesocarpio del coco.

La fibra de coco corresponde al mesocarpio, capa intermedia del fruto del cocotero, y se distingue por ser una de las fibras vegetales de mayor dureza y menor longitud en comparación con otras fibras naturales. Presenta un diámetro promedio cercano a 1 mm y longitudes que oscilan entre 15 y 30 cm. Las fibras de coco están constituidas principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina, cuya proporción les confiere destacadas propiedades de absorción y retención de agua. La composición química de estas fibras depende en gran medida del grado de madurez del fruto, la variedad cultivada y las condiciones edafoclimáticas del lugar de producción. Desde el punto de vista tecnológico, una de sus características más relevantes es su elevada resistencia a la tracción (Vaca, González, y Vaca, 2021).

La fibra de coco es biodegradable y compostable, de bajo costo y es un recurso renovable, aportando beneficios al ecosistema haciéndolo una materia

prima sostenible y amigable con el medio ambiente, siendo una alternativa a materiales sintéticos. Durante mucho tiempo a los residuos del coco no se le dio ningún aprovechamiento, lo que generaba problemas ambientales y salud pública dado que estas cascaras pueden tardar de 8 a 10 años en descomponerse de forma natural (Pulido, Poveda, y Martínez, 2023)

2.2.1.5.1. Características del mesocarpio de coco.

El mesocarpio de coco se caracteriza por presentar taninos y lignina en comparación con fibras vegetales convencionales, lo cual influye en su comportamiento mecánico y amplía su potencial de aplicación en distintos usos tecnológicos.

En la Tabla 2 se presentan algunas de las características químicas, físicas y mecánicas del mesocarpio de coco (Giraldelli, Pereira, dos Santos, Brasil, y Pinheiro, 2020).

Tabla 2.

Características químicas, físicas y mecánicas del mesocarpio de coco

Parámetro	Unidad	Resultado
Celulosa	%	35 – 45
Lignina	%	45 – 46
Longitud	mm	3 – 1
Ancho	mm	0.10 – 0.45
Resistencia a la tracción	MPa	106,0 – 70,0
Modelo de elasticidad	GPa	3.0 – 6.0
Elongación de ruptura	%	15 – 47

Fuente: Giraldelli, Pereira, dos Santos, Brasil, y Pinheiro (2020).

Elaborado por: El Autor, 2026

2.2.1.5.2. Usos y aplicaciones del mesocarpio de coco.

Los residuos de coco han demostrado ser útiles en la creación de diversos materiales, con aplicaciones que van desde productos de jardinería y artesanías hasta briquetas. Estas fibras o mesocarpio también pueden servir como aislantes térmicos y se han utilizado como carbón activado dentro de matrices de soporte de membranas cerámicas. Por ejemplo, el hormigón se ha reforzado con mesocarpio de coco para mejorar su resistencia y durabilidad. Además, se ha incorporado a compuestos de polímeros epóxicos reforzados, lo que contribuye a su robustez (San Andrés, Aguilar, y Graziella, 2023).

2.2.2 Maracuyá

2.2.2.1. Generalidades del maracuyá.

Los frutos de maracuyá presentan morfología tipo baya, con formas globosas u ovoides, pudiendo alcanzar diámetros y longitudes cercanos a 0,08 m. Se caracterizan por una consistencia firme y superficie lisa, con un espesor aproximado de 0,003 m. En su interior contienen hasta 300 semillas, cada una envuelta por una membrana de naturaleza mucilaginoso. El fruto alcanza su madurez fisiológica entre 65 y 70 días posteriores a la polinización. Las semillas, de coloración negra, corresponden a óvulos fecundados, por lo que el número de semillas, el peso del fruto y el rendimiento de jugo se encuentran estrechamente relacionados con la cantidad de granos de polen depositados sobre el estigma durante la polinización (González, 2022). En el Anexo N°2 se pueden observar las partes del maracuyá.

2.2.2.2. Origen.

El maracuyá es un fruto originario de la región amazónica de Brasil, desde donde fue introducido inicialmente en Australia y posteriormente en Hawái en el año 1923. En la actualidad, su cultivo se ha expandido a diversas regiones del mundo, incluyendo Australia, Nueva Guinea, Sri Lanka, Sudáfrica, India, Taiwán, Hawái, Brasil, Perú, Venezuela, Colombia y Ecuador. Esta especie pertenece a la familia *Passifloraceae*, la cual agrupa cerca de 500 especies, en su mayoría nativas de las zonas tropicales del continente americano, con más de 200 especies originarias de Brasil, mientras que un número reducido procede de regiones como Asia, Australia, África y las islas del Pacífico (Haro, Fonseca, y Zamora, 2020).

2.2.2.3. Clasificación taxonómica.

El maracuyá se cultiva predominantemente en regiones tropicales y subtropicales a nivel mundial y pertenece a la familia *Passifloraceae*, la misma que agrupa especies como la curuba (*Passiflora mollissima*), la badea (*Passiflora quadrangularis*) y la granadilla (*Passiflora ligularis*). Esta familia comprende aproximadamente 14 géneros y cerca de 580 especies, de las cuales la mayoría es originaria de las zonas tropicales del continente americano, con más de 200 especies procedentes de Brasil, mientras que un número reducido tiene su origen

en regiones de Asia, Australia, África y las islas del Pacífico (Haro, Fonseca, y Zamora, 2020).

A continuación se puntualiza la clasificación taxonómica del fruto de maracuyá.

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Dicotyledónea*

Orden: *Passiflorales*

Familia: *Passifloraceae*

Género: *Passiflora*

Especie: *Passiflora edulis*

Variedad: *Purpúrea y flavicarpa*

2.2.2.4. Composición nutricional.

El maracuyá se distingue por su elevado contenido de fibra dietética y por aportar vitaminas A, E y C, las cuales desempeñan funciones relevantes en la regulación del tránsito intestinal, la reducción de los niveles de colesterol, la mejora en la absorción del hierro, el fortalecimiento del sistema inmunológico y la acción antioxidante. Adicionalmente, este fruto constituye una fuente importante de vitaminas del complejo B, en particular riboflavina y niacina, esenciales para diversos procesos metabólicos (Campos, Acosta, Moreno, y Paucar, 2023). En la Tabla 3 podemos observar la composición nutricional del maracuyá.

Tabla 3.***Composición nutricional del maracuyá***

Componente	Valor
Energía	97 kcal
Proteína	2.2 g
Lípidos totales	0.7 g
Carbohidratos	23.38 g
Fibra total	10.4 g
Azúcares totales	11.2 g
Agua	72,93 g
Calcio	12 mg
Hierro	1.6 mg
Magnesio	29 mg
Zinc	0.1 mg
Sodio	28 mg
Potasio	348 mg
Fosforo	68 mg
Selenio	0.6 mg
Tiamina (Vitamina B1)	0 mg
Riboflavina (Vitamina B2)	0.13 mg
Niacina (Vitamina B3)	1.5 mg
Vitamina B6	0.1 mg
Vitamina C	30 mg

Nota: Valor nutricional por cada 100 g de pulpa

Fuente: United States Department of Agriculture (USDA) (2020).

Elaborado por: El Autor, 2026

2.2.2.5. Epicarpio de maracuyá.

La cáscara o epicarpio del maracuyá constituye un subproducto generado en la industria de procesamiento de jugos, néctares, mermeladas y otros derivados, representando aproximadamente el 90 % del peso de la fruta fresca que es descartado como residuo durante el procesamiento. Este subproducto presenta un elevado contenido de compuestos bioactivos y polisacáridos, entre los que destaca la pectina. Diversos estudios han reportado la presencia significativa de este polisacárido en el mesocarpio de la fruta de la pasión, así como su potencial de transformación en productos de valor agregado, lo que ofrece una alternativa promisorio para su aprovechamiento en la elaboración de materiales plásticos biodegradables (Escribano, 2020).

2.2.2.5.1. Características del epicarpio de maracuyá.

El epicarpio del maracuyá recubre la pulpa del fruto y representa aproximadamente el 50 % de su peso total. Este tejido se caracteriza por un alto contenido de carbohidratos, cercano al 70 %, entre los cuales destaca la pectina

con una proporción aproximada del 20 %. Asimismo, se ha determinado que el pericarpio del maracuyá presenta un contenido de fibra dietética total cercano al 65 %, mientras que las semillas también constituyen una fuente relevante de fibra dietética (Caiza, 2021). En la Tabla 4 se puede observar la composición nutricional del epicarpio de maracuyá.

Tabla 4.

Composición nutricional del epicarpio de maracuyá

Parámetros	Cantidades en 100g de cáscara	Unidades
Cenizas	0,57	g
Lípidos	0,01	g
Proteínas	0,67	g
Fibras	4,33	g
Carbohidratos	6,78	g
Calorías	29,91	Kcal
Calcio	44,51	mg
Hierro	0,89	mg
Sodio	43,77	mg
Zinc	0,32	mg
Potasio	178,40	mg

Fuente: Caiza (2021).

Elaborado por: El Autor, 2026

2.2.2.5.2. Propiedades mecánicas del epicarpio de maracuyá

La cáscara o epicarpio del maracuyá contiene pectina, un carbohidrato complejo de naturaleza amorfa, presente en frutas cítricas y diversos vegetales, que cumple una función estructural relevante en las paredes celulares y representa una alternativa promisorio para el desarrollo de materiales biodegradables. Cuando el mesocarpio, reducido a partículas finas ricas en pectina, se homogeneiza con almidón y glicerol, es posible obtener películas biodegradables que presentan propiedades mecánicas comparables a las de los plásticos sintéticos disponibles comercialmente. En este sentido, el contenido de pectina del mesocarpio constituye un factor determinante para la obtención de películas con adecuada flexibilidad (Escribano, 2020).

2.2.2.5.3. Usos y aplicaciones del epicarpio del maracuyá.

La pectina es un polisacárido presente en la pared celular de numerosas especies vegetales y es ampliamente utilizada en la industria alimentaria debido a su capacidad para formar geles y aportar viscosidad y consistencia a distintos

productos. La pectina extraída de la cáscara de maracuyá se caracteriza por presentar un menor grado de esterificación (68 %), un contenido elevado de ácidos galacturónicos (72 %) y una masa molar inferior en comparación con la pectina de origen comercial. Asimismo, las fibras provenientes de residuos frutales pueden contener cantidades significativas de pigmentos, antioxidantes y otros compuestos bioactivos con efectos benéficos para la salud. En este contexto, la harina obtenida a partir de la cáscara de maracuyá presenta una granulometría heterogénea y un alto contenido de carbohidratos, carotenoides y compuestos fenólicos totales (Campos, Acosta, Moreno, y Paucar, 2023).

2.2.3 Generalidades de los envases

2.2.3.1. Plástico.

El plástico es un material de origen principalmente petroquímico, cuya fabricación emplea materias primas como petróleo, carbón, gas natural, celulosa y sal, y se obtiene mediante procesos de polimerización, policondensación o poliadición, dando lugar a compuestos macromoleculares orgánicos. Estos materiales se caracterizan por ser ligeros, durables, de bajo costo, moldeables, versátiles y de fácil manipulación y modificación. Desde el punto de vista estructural, los plásticos están constituidos por macromoléculas orgánicas formadas a partir de la unión repetitiva de unidades de bajo peso molecular, denominadas monómeros, que conforman cadenas poliméricas (Arcos y Marín, 2021).

2.2.3.2. Clasificación del plástico.

2.2.3.2.1. Termoplásticos.

Los termoplásticos comprenden un grupo de materiales plásticos generalmente blandos y flexibles que, al ser sometidos a calentamiento, pueden moldearse mediante la aplicación de presión. Dentro de esta categoría se encuentra el polietileno, considerado el polímero de mayor uso en la industria del plástico. De acuerdo con la tecnología de procesamiento y la densidad del material, el polietileno se clasifica principalmente en polietileno de baja densidad (PEBD), empleado en la fabricación de películas delgadas y resistentes, y polietileno de alta densidad (PEAD), utilizado en la producción de recipientes moldeados por soplado, como botellas plásticas (Jaramillo, 2019).

2.2.3.2.2. Termoestables.

Los materiales termoestables se caracterizan por presentar estructuras reticuladas altamente tridimensionales que no se funden ni se ablandan durante los ciclos de calentamiento. En consecuencia, mantienen su forma y estabilidad incluso a temperaturas elevadas, sin posibilidad de ser reprocesados o remodelados una vez curados. La complejidad de su estructura molecular dificulta cualquier modificación posterior a su estado inicial, y su elevada resistencia frente a agentes químicos los convierte, en la práctica, en materiales sintéticos de un solo uso (Meléndez, Güiza, y Acosta, 2022).

2.2.3.2.3. Elastómeros.

Los elastómeros, también conocidos como cauchos, constituyen un grupo de materiales poliméricos cuyas cadenas están unidas entre sí mediante enlaces químicos, formando una estructura parcialmente reticulada. En su estado natural, las macromoléculas poliméricas se encuentran dispuestas de manera desordenada y enrolladas entre sí; no obstante, al aplicar una fuerza externa, estas cadenas se orientan en la dirección del esfuerzo, generando una organización temporal más ordenada y una red de carácter semicristalino. Una de las propiedades más representativas de los elastómeros es su elevada elasticidad, ya que pueden ser sometidos a múltiples ciclos de deformación y recuperar su forma original tras un período de reposo, sin presentar deformaciones permanentes (García, 2021).

2.2.3.3. Envases plásticos.

Un envase plástico destinado a alimentos se define como cualquier tipo de contenedor, independientemente del material o proceso de fabricación, utilizado para almacenar, proteger, contener, manipular, distribuir o presentar productos alimenticios, desde las materias primas hasta los productos terminados, a lo largo de la cadena que involucra productores, distribuidores y consumidores. Estos envases deben cumplir con normativas y estándares específicos que garanticen la protección del alimento frente a agentes externos, eviten interacciones indeseables entre el producto y el material del envase, y aseguren una adecuada resistencia física, química y biológica. Asimismo, deben presentar estabilidad térmica tanto a altas como a bajas temperaturas, entre otras propiedades, con el fin de otorgar al

producto un grado aceptable de seguridad y calidad conforme a los requerimientos establecidos (Arcos y Marín, 2021).

2.2.3.4. Bioplástico.

A diferencia de los plásticos convencionales derivados de combustibles fósiles, los bioplásticos se definen como materiales cuyo polímero base está constituido principalmente por recursos renovables o presenta características de biodegradabilidad, cumpliendo con los criterios establecidos en normas científicamente reconocidas. Los recursos renovables corresponden a materiales de origen biológico, mientras que la biodegradabilidad se refiere al proceso de descomposición ocasionado por la acción de microorganismos presentes en el ambiente, lo que permite que estos materiales se degraden en un período de tiempo relativamente corto (Jaso, 2020).

Acorde con ello, las materias primas para bioplásticos se originan a partir de componentes naturales como los polisacáridos, proteínas y lípidos, entre otros. En ese sentido, los desperdicios de alimentos como materia prima inicial son una buena opción para la elaboración de bioplásticos, estos deben ser pretratados para mejorar o modificar las propiedades fisicoquímicas y biológicas del bioplástico. Luego, se realizan los procesos de conversión que consisten en la liberación parcial o total de monómeros provenientes de desperdicios de alimentos (por ejemplo: Componentes lignocelulósicos) con mayor accesibilidad de proteínas, lípidos y polisacáridos (por ejemplo: Almidón y celulosa) para la posterior hidrólisis enzimática y fermentación (Sernaqué, Huamán, Pecho, y Chacón, 2020).

2.2.3.4.1. Almidón.

El almidón es un recurso biodegradable y de bajo costo, ampliamente distribuido en cereales, leguminosas y tubérculos, y corresponde a un polímero natural constituido por unidades de glucosa. Su estructura está formada principalmente por dos fracciones: la amilosa y la amilopectina. La amilosa presenta una conformación lineal compuesta por cadenas de glucosa unidas mediante enlaces glucosídicos α -(1-4), representando aproximadamente entre el 20 y 30 % del peso total del almidón. Por su parte, la amilopectina constituye la fracción mayoritaria del gránulo, con valores entre 65 y 85 %, y se caracteriza por una estructura altamente ramificada, en la cual los segmentos de glucosa se enlazan

mediante enlaces α -(1-4) y las ramificaciones se forman a través de enlaces α -(1-6). Este polisacárido se organiza en gránulos cuya forma, tamaño, morfología, composición y estructura molecular dependen de la fuente botánica de la cual se obtiene (Navarrete, et. al, 2023).

2.2.3.4.2. Celulosa.

La celulosa es uno de los compuestos orgánicos naturales más abundantes en la Tierra, formando gran parte de la materia estructural vegetal en el mundo. Estructuralmente la celulosa es un polisacárido que posee una cadena lineal con cientos o incluso miles de unidades de moléculas de glucosa. Debido a la cantidad de grupos hidroxilos presentes, se forman un gran número de enlaces de hidrogeno intra e intermolecularmente, entre las moléculas de hidrogeno y oxígeno. Estas fuerzas mantienen unidas fuertemente a las cadenas del polisacárido para formar microfibrillas con una resistencia muy alta a la tracción (Estrada, Díaz, Acuña, y Castañeda, 2023).

2.2.3.4.3. Hemicelulosa.

La hemicelulosa es un biopolímero de naturaleza heteropolisacárida, constituido por una combinación de distintos monómeros, entre los que se incluyen pentosas como xilosa y arabinosa, y hexosas como glucosa, manosa y galactosa. Su estructura principal está conformada por una cadena ramificada unida predominantemente mediante enlaces glucosídicos β -(1-4), con una menor proporción de enlaces β -(1-2), β -(1-3) y β -(1-6). En comparación con la celulosa, las hemicelulosas presentan una masa molar inferior y, desde el punto de vista estructural, cumplen la función de enlazar la lignina con la celulosa mediante interacciones no covalentes establecidas con la superficie de las microfibrillas de celulosa. Además, exhiben propiedades adhesivas y una marcada tendencia al endurecimiento durante los procesos de deshidratación (Suárez, Sánchez, Lazaro, y Rodríguez, 2022).

2.2.3.4.4. Lignina.

La lignina es un heteropolímero complejo presente en la pared celular de los tejidos vasculares de las plantas, cuya función principal es aportar rigidez estructural y resistencia tanto a esfuerzos mecánicos como a la presión hídrica. Asimismo, contribuye al soporte de células especializadas involucradas en

funciones de sostén y almacenamiento. Junto con la celulosa, la lignina constituye uno de los componentes predominantes de la biomasa vegetal, siendo de gran interés para la obtención de productos renovables, el desarrollo de biocombustibles y la caracterización e identificación de especies maderables. Desde el punto de vista químico, la lignina es un polímero de naturaleza fenólica con una composición altamente heterogénea, determinada por la variedad de monómeros y tipos de enlaces que la conforman, los cuales dependen de la acción de diferentes sistemas enzimáticos durante los procesos de biosíntesis y polimerización en la pared celular (Maceda, Hernández, Peña, Trejo, y Terrazas, 2021).

2.2.3.5. Biodegradación.

La biodegradación de los biopolímeros se entiende como un proceso de descomposición química inducido por la actividad enzimática de microorganismos, el cual provoca modificaciones en la composición química del material, así como en sus propiedades mecánicas y estructurales, dando lugar a la generación de productos metabólicos ambientalmente compatibles. Este proceso puede desarrollarse bajo condiciones aeróbicas o anaeróbicas. En la biodegradación aeróbica, la presencia de oxígeno favorece la transformación del material en dióxido de carbono (CO_2), agua (H_2O), biomasa microbiana y residuos. En contraste, la biodegradación anaeróbica ocurre en ausencia de oxígeno y conduce a la formación de dióxido de carbono (CO_2), agua (H_2O), metano (CH_4), biomasa y residuos finales (Samir, Ashour, Hakim, y Bassyouni, 2022).

2.2.3.6. Propiedades mecánicas de los envases.

2.2.3.6.1. Resistencia a la tracción.

La resistencia a la tracción constituye una propiedad mecánica esencial que caracteriza la capacidad de un material para soportar esfuerzos que tienden a producir su alargamiento o estiramiento. Esta propiedad se determina mediante la aplicación progresiva de una carga de tracción sobre una probeta hasta que ocurre la fractura. El ensayo de tracción se basa en la aplicación de un esfuerzo axial controlado, generalmente hasta la falla del material, lo que permite evaluar parámetros mecánicos relevantes como el límite elástico, la resistencia máxima a la tracción y el comportamiento plástico del material (García, 2019).

2.2.3.6.2. Dureza.

La dureza se define como la propiedad mecánica de los materiales a oponerse a ser deformado, rayado, erosionado o penetrado. En términos simples, la dureza indica qué tan difícil es alterar la superficie de un material mediante la aplicación de fuerzas externas, también la dureza está relacionada con la resistencia al desgaste, Existen diferentes escalas para medir la dureza de un material, como, por ejemplo: Escala de Mohs, Dureza Brinell, Dureza Rockwell, Dureza Vickers (De la Mora, González, Rosendo, y Martínez, 2024).

2.2.3.6.3. Elongación.

La elongación es una propiedad mecánica que expresa la capacidad de un material para experimentar deformación plástica antes de su fractura cuando es sometido a una carga de tracción. Este parámetro constituye un indicador directo de la ductilidad del material, reflejando el grado de alargamiento que puede alcanzar sin fallar. Entre las variables más evaluadas se encuentran el esfuerzo y el porcentaje de elongación a la ruptura. Las curvas esfuerzo – deformación obtenidas a partir de los ensayos de tracción permiten caracterizar el comportamiento mecánico del material, proporcionando información relevante sobre su flexibilidad, resistencia y capacidad de deformación, aspectos fundamentales para predecir su desempeño durante los procesos de manipulación, almacenamiento y uso (León, 2024).

2.2.3.7. Características fisicoquímicas de frutas

2.2.3.7.1. Potencial Hidrógeno (pH)

El pH, denominado potencial de hidrógeno, es un parámetro fisicoquímico empleado para cuantificar el grado de acidez o alcalinidad de una solución. Se define como el logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno (H^+) presentes en un medio acuoso. La magnitud del pH es inversamente proporcional a la concentración de estos iones, de modo que valores elevados de hidrogeniones se asocian con pH bajos, mientras que concentraciones reducidas corresponden a pH altos. La escala de pH abarca generalmente valores de 0 a 14, donde un pH igual a 7 representa una condición neutra, valores inferiores indican carácter ácido y valores superiores corresponden a sustancias de naturaleza básica o alcalina (Arce y Quispe, 2016).

2.2.3.7.2. Grados Brix (°Bx)

Los grados Brix (°Bx) representan un parámetro utilizado para determinar la concentración de sólidos solubles totales presentes en jugos o pulpas, expresados como porcentaje en masa de sacarosa. Estos sólidos solubles incluyen principalmente azúcares, además de ácidos orgánicos, sales minerales y otros compuestos hidrosolubles contenidos en el jugo celular de los frutos. El valor de °Bx corresponde a la relación entre la masa de sacarosa disuelta y la masa total de la solución, de manera que una solución con 25 °Bx indica la presencia de 25 g de sacarosa por cada 100 g de solución, siendo los 75 g restantes principalmente agua (López, 2018).

2.2.3.7.3. Acidez

En los alimentos, el grado de acidez constituye un factor determinante en las características sensoriales, la estabilidad microbiológica y la vida útil del producto; por lo tanto, representa un punto crítico de control tanto en el estado fresco como durante las etapas de procesamiento y almacenamiento. La determinación de la acidez titulable se realiza comúnmente mediante titulación volumétrica ácido-base, una prueba fisicoquímica sencilla y ampliamente utilizada para cuantificar la concentración de ácidos presentes en una solución. Este método se basa en una reacción de neutralización entre un ácido y una base de concentración conocida, llevada a cabo en presencia de un indicador ácido-base. En el análisis de alimentos, se emplea frecuentemente la fenolftaleína como indicador, debido a que su viraje de color ocurre en un intervalo de pH adecuado para identificar el punto final de la titulación, permitiendo así una medición precisa de la acidez titulable (García y García, 2021).

2.3 Marco Legal

2.3.1 Constitución de la República del Ecuador

Para el presente trabajo se tomará como referencia la normativa de la Ley Orgánica de Soberanía Alimentaria, Ley Orgánica para la Racionalización y Reducción de plásticos de un solo uso.

LEY ORGÁNICA DEL RÉGIMEN DE LA SOBERANÍA ALIMENTARIA

Título I

PRINCIPIOS GENERALES

Art. 1.- Finalidad. - Esta Ley tiene por objeto establecer los mecanismos mediante los cuales el Estado cumpla con su obligación y objetivo estratégico de garantizar a las personas, comunidades y pueblos la autosuficiencia de alimentos sanos, nutritivos y culturalmente apropiados de forma permanente.

El régimen de la soberanía alimentaria se constituye por el conjunto de normas conexas, destinadas a establecer en forma soberana las políticas públicas agroalimentarias para fomentar la producción suficiente y la adecuada conservación, intercambio, transformación, comercialización y consumo de alimentos sanos, nutritivos, preferentemente provenientes de la pequeña, la micro, pequeña y mediana producción campesina, de las organizaciones económicas populares y de la pesca artesanal así como microempresa y artesanía; respetando y protegiendo la agrobiodiversidad, los conocimientos y formas de producción tradicionales y ancestrales, bajo los principios de equidad, solidaridad, inclusión, sustentabilidad social y ambiental (Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria, 2009).

Art. 2.- Carácter y ámbito de aplicación. - Las disposiciones de esta Ley son de orden público, interés social y carácter integral e intersectorial. Regularán el ejercicio de los derechos del buen vivir -sumak kawsay- concernientes a la soberanía alimentaria, en sus múltiples dimensiones.

Su ámbito comprende los factores de la producción agroalimentaria; la agrobiodiversidad y semillas; la investigación y diálogo de saberes; la producción, transformación, conservación, almacenamiento, intercambio, comercialización y consumo; así como la sanidad, calidad, inocuidad y nutrición; la participación social; el ordenamiento territorial; la frontera agrícola; los recursos hídricos; el desarrollo rural y agroalimentario; la agroindustria, empleo rural y agrícola; las formas asociativas y comunitarias de los microempresarios, microempresa o micro,

pequeños y medianos productores, las formas de financiamiento; y, aquellas que defina el régimen de soberanía alimentaria (Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria, 2009).

LEY ORGÁNICA PARA LA RACIONALIZACIÓN, REUTILIZACIÓN Y REDUCCIÓN DE PLÁSTICOS DE UN SOLO USO

SECCION I

GENERALIDADES

Artículo 1.- Objeto. - La presente ley tiene por objeto establecer el marco legal para regular la generación de residuos plásticos, la reducción progresiva de plásticos de un solo uso, mediante el uso y consumo responsable, la reutilización y el reciclaje de los residuos y, cuando sea posible su reemplazo por envases y productos fabricados con material reciclado o biodegradables con una huella de carbono menor al producto que está siendo reemplazado, para contribuir al cuidado de la salud y el ambiente (Ley Orgánica para la Racionalización, Reutilización y Reducción de Plásticos de un solo Uso, 2020).

2.3.2 Norma UNE-EN 13432:2001. Envases y embalajes. Requisitos de los envases y embalajes valorizables mediante compostaje y biodegradación. Programa de ensayo y criterios de evaluación para la aceptación final del envase o embalaje.

Según la Asociación Española de Normalización: UNE (2001) esta norma europea especifica los requisitos y procedimientos para determinar la compostabilidad y la tratabilidad anaerobia de los envases o embalajes y materiales de envase o embalaje señalando cuatro características.

- 1) biodegradabilidad;
- 2) desintegración durante el tratamiento biológico;
- 3) efecto sobre el proceso de tratamiento biológico;
- 4) efecto sobre la calidad del compost obtenido

En el caso de envases o embalajes formados por diferentes componentes, algunos de los cuales son compostables y otros no, el envase o embalaje en sí mismo como un todo se considera no compostable. Sin embargo, si los componentes pueden separarse fácilmente con la mano antes de su eliminación, los componentes compostables pueden efectivamente considerarse y ser tratados

como tales, una vez separados de los componentes no compostables (Asociación Española de Normalización: UNE, 2001).

Esta norma europea contempla la compostabilidad de los envases o embalajes en sí mismos, pero no considera las reglamentaciones que puedan existir relativas a la compostabilidad de cualquiera de sus contenidos residuales. Esta norma europea asegura la obtención de información acerca del procesamiento de los envases o embalajes en plantas de tratamientos de residuos controladas, pero no tiene en cuenta los residuos de envases o embalajes que pueden terminar en el medio ambiente a través de medios incontrolados, es decir, basuras (Asociación Española de Normalización: UNE, 2001).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo y alcance de la investigación

La presente investigación fue de tipo documental ya que se apoyó en fuentes de carácter documental tales como: revistas científicas, artículos científicos, y otros tipos de documentos que sostengan teórica y experimentalmente la investigación.

La investigación también fue de tipo experimental ya que implicó la creación de contenedores tipo bandeja biodegradables utilizando los materiales mencionados y posterior la evaluación de sus propiedades mecánicas.

Tuvo un enfoque cuantitativo: dado que la investigación implicó la evaluación de propiedades mecánicas, pruebas experimentales y recopilación de datos numéricos. Este enfoque permitió obtener resultados medibles y comparables.

El alcance de la investigación fue descriptivo, ya que evaluó las propiedades mecánicas de los materiales utilizados (mesocarpio de *Cocos nucifera* L. y epicarpio de *Passiflora edulis*) en términos de resistencia, elongación, y dureza, entre otras características. Incluye la caracterización de los materiales antes y después de ser sometidos a pruebas mecánicas.

3.1.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación fue experimental, ya que se manipularon las variables y se midieron los resultados. La investigación se enfocó en evaluar las propiedades mecánicas y porcentaje de degradación de los contenedores tipo bandeja biodegradables elaborados con mesocarpio de *Cocos nucifera* L. y epicarpio de *Passiflora edulis*, por lo que se requirió un diseño experimental para controlar y medir los resultados.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3.2.1.1. Variables independientes.

- Contenedores tipo bandeja biodegradables compuestos por diferentes porcentajes de mesocarpio de coco y epicarpio de maracuyá

3.2.1.2. Variables dependientes.

- Ensayos de resistencia a la tracción

- Ensayos de dureza
- Ensayos de elongación
- Porcentajes de biodegradación

3.2.2 Matriz de operaciones de variables

Tabla 5.

Matriz de operaciones de variables dependientes

Variables dependientes			
Variables	Tipo de medición	Nivel medida	Descripción instrumento de medición
Ensayo de resistencia a la tracción	Cuantitativo	Continuo	Resultados de análisis de laboratorio (ASTM D638). Unidad de medida es MPa
Ensayo de dureza	Cuantitativo	Continuo	Resultados de análisis de laboratorio (ASTM D2240) Unidad de medida es Shore D
Ensayo de elongación	Cuantitativo	Continuo	Resultados de análisis de laboratorio Unidad de medida es %
Porcentaje de degradación	Cuantitativo	Continuo	Resultados de análisis de campo (Observación directa) Unidad de medida es %

Elaborado por: El Autor, 2026

Tabla 6.

Matriz de operaciones de variables independientes

Variables independientes			
Variables	Tipo de medición	Nivel medida	Descripción instrumento de medición
Contenedores tipo bandeja biodegradables compuestos por diferentes porcentajes de mesocarpio de coco y epicarpio de maracuyá	Cualitativa	Nominal	Observación directa y pruebas de laboratorio

Elaborado por: El Autor, 2026

3.2.3 Tratamientos

Para la realización de las siguientes formulaciones tomamos en cuenta una investigación de Sánchez (2019) con su trabajo de postgrado titulado “Propuestas sustentables de ecodiseños a partir de un composite de bioplástico y cáscara de coco, en la comunidad de la Guadalupe, Tecolutla, Veracruz”.

En la que una formulación fue de la siguiente manera: fécula de papa (20 g), agua (100 mL), ácido acético (10 mL), glicerina (5 mL), fibra de coco molida (3,5 g). Otra formulación es la siguiente: fécula de papa (20 g), agua (110 mL), ácido acético (10 mL), glicerina (5 mL), fibra de coco molida (4 g). Y por último tenemos la siguiente formulación como referencia: fécula de papa (20 g), agua (110 mL), ácido acético (10 mL), glicerina (5 mL), fibra de coco molida (5 g).

Tabla 7.

Formulación para la elaboración de los contenedores

	T1		T2		T3	
	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)
Mesocarpio de coco	10	10	5	5	15	15
Epicarpio de maracuyá	10	10	15	15	5	5
Pegamento biodegradable	80	80	80	80	80	80
Total	100	100	100	100	100	100

Elaborado por: El Autor, 2026

3.2.4 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) 3 tratamientos y 4 repeticiones, para determinar el mejor tratamiento se ejecutará un análisis de medida de los contenedores tipo bandeja biodegradables.

3.2.5 Recolección de datos

3.2.5.1. Recursos.

3.2.5.1.1. Recursos bibliográficos.

- Artículos científicos
- Tesis de pregrados y postgrados
- Revistas científicas
- Sitios web

3.2.5.1.2. Recursos institucionales.

- Laboratorios calificados

3.2.5.1.3. Materias primas e ingredientes.

- Mesocarpio de coco
- Epicarpio de maracuyá
- Agua
- Vinagre
- Almidón de maíz

3.2.5.1.4. Materiales y equipos.

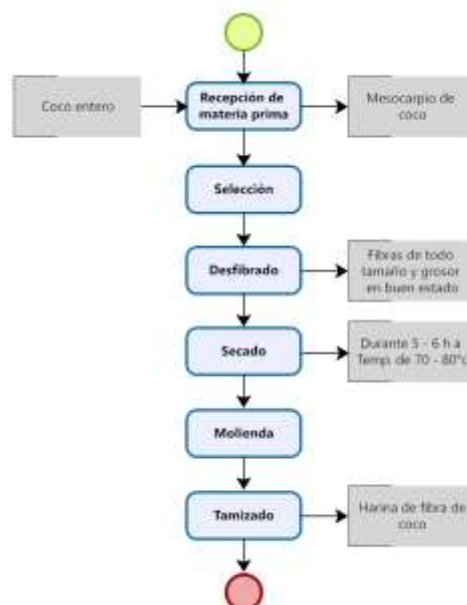
- Balanza analítica
- Balanza electrónica
- Licuadora
- Estufa
- Horno
- Termómetro
- Vaso precipitado 250 ml
- Cuchillo de acero
- Colador
- Gotero
- Potenciómetro
- Refractómetro
- Papel desechable
- Agua destilada
- Piseta
- Mortero con pilón
- Bureta
- Soporte universal
- Fenolftaleína
- Hidróxido de sodio

3.2.5.2. Métodos y técnicas.

3.2.5.2.1. Proceso de la obtención del mesocarpio de coco.

Figura 1.

Diagrama de proceso de la obtención del mesocarpio de coco



Elaborado por: El Autor, 2026

Recepción de materia prima: Los cocos enteros se obtuvieron de los lugares donde se comercializa agua de coco, posterior a eso se adquirió la materia que es el mesocarpio el cual se encuentra entre el endocarpio y el exocarpio.

Selección: Se seleccionaron frutos de coco en estado de madurez adecuado, libres de contaminación visible, daños mecánicos o signos de deterioro, garantizando así la calidad del material lignocelulósico a utilizar.

Desfibrado: Se procedió a retirar manualmente las capas externas e internas del fruto, aislando el mesocarpio (fibra de coco), que constituye el material de interés. El material obtenido fue fragmentado en porciones más pequeñas con el fin de facilitar su posterior proceso de secado.

Secado: El mesocarpio fue sometido a un proceso de secado en horno a temperatura de 80°C en un periodo de 5 a 6 horas hasta alcanzar un contenido de humedad adecuado, reduciendo así la actividad microbiológica y facilitando su molienda.

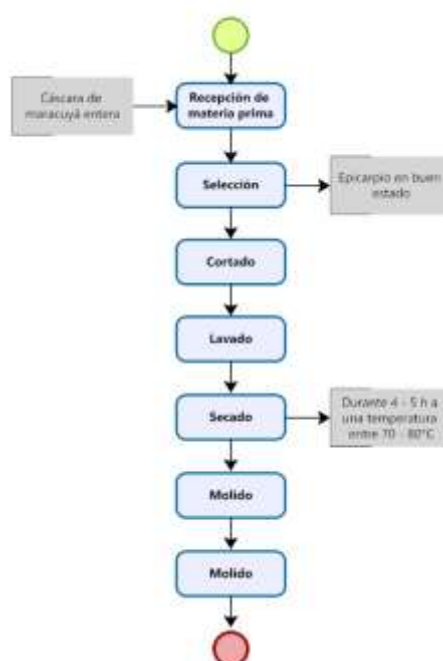
Molienda: El material seco fue triturado hasta obtener una fibra de tamaño homogéneo, adecuada para su incorporación en la formulación del de las bandejas biodegradables.

Tamizado: Se realizó un tamizado para estandarizar el tamaño de partícula, eliminando fracciones gruesas y asegurando uniformidad en la mezcla final. De esta manera se logra obtener una harina de fibra de coco para elaboración del envase.

3.2.5.2.2. Proceso de la obtención del epicarpio de maracuyá.

Figura 2.

Diagrama de proceso de la obtención del epicarpio de maracuyá



Elaborado por: El Autor, 2026

Recepción de materia prima: La cáscara de maracuyá se adquirió entera, sin pulpa. Se hizo la respectiva recepción para su posterior proceso.

Selección: Se seleccionaron frutos de maracuyá en condiciones óptimas, descartando aquellos con deterioro físico o microbiológico.

Cortado: Los epicarpios seleccionados se cortaron de manera rectangular para facilitar el lavado y el secado. El cortado se realizó manualmente con un cuchillo.

Lavado: Una vez cortados los epicarpios se sometieron a un proceso de lavado para eliminar impurezas, residuos y cualquier contaminante.

Secado: El material fue sometido a secado en el horno convencional a una temperatura de 70 – 80°C durante unas 4 – 5 horas hasta reducir significativamente su contenido de humedad, evitando el crecimiento microbiano y mejorando su estabilidad.

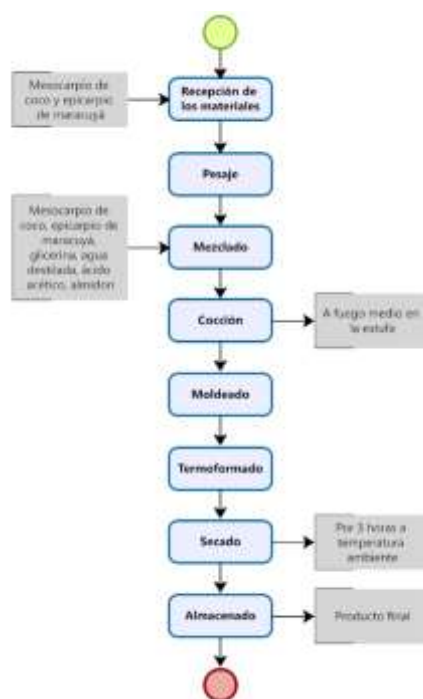
Molido: Por último, la materia prima secada pasó por la molienda en la licuadora para reducir en partículas más pequeñas y esta se pueda utilizar y procesar de una manera más eficiente.

Tamizado: Luego de la molienda, se tamizó el material para separar de partículas grandes y pequeñas. Una vez hecho este proceso se obtuvo una harina de epicarpio de maracuyá.

3.2.5.2.3. Proceso de la obtención de contenedores alimenticios biodegradables.

Figura 3.

Diagrama de proceso de la obtención de contenedores biodegradables



Elaborado por: El Autor, 2026

Recepción de materiales: Una vez que se obtuvieron los productos finales de las materias primas molidas, se procedió a receiptarlas en otro lugar, verificando que se encuentren en óptimas condiciones.

Pesaje: Se realizó el pesaje exacto de los componentes de la formulación: mesocarpio de coco, epicarpio de maracuyá, harina de trigo, agua y vinagre, según las proporciones establecidas experimentalmente.

Mezclado: Una vez pesados los ingredientes procedieron a ser mezclados en el recipiente donde se los someterá a un proceso de cocción.

Cocción: Luego de haber tenido todos los ingredientes se procedió a realizar la cocción, se mueve la mezcla hasta que obtengamos una masa homogénea de todos los ingredientes y semisólida.

Moldeado: Una vez obtenida la matriz, se añadieron gradualmente la fibra de coco y la cáscara de maracuyá, mezclando de manera homogénea hasta formar una pasta uniforme.

Termoformado: Después de haber moldeado la mezcla, se procedió a pasarla al termoformador, aquí se tuvo un tipo molde y contramolde donde se colocó el diseño de los contenedores.

Secado: Los moldes fueron sometidos a secado en estufa a temperatura controlada hasta alcanzar un nivel de humedad adecuado y una estructura rígida estable.

Almacenado: Los contenedores terminados fueron almacenados en un ambiente seco y limpio hasta su evaluación mecánica, fisicoquímica y de biodegradabilidad.

3.2.5.2.4. Ensayo para determinar la resistencia a la tracción.

Según la norma ASTM (2022), para realizar el ensayo de resistencia a la tracción se deben seguir los siguientes pasos:

- 1. Corte de las muestras:** Las muestras fueron cortadas según las dimensiones especificadas por la norma ASTM D638. Existen diferentes tipos de probetas (Tipo I, II, III, IV, V) que se seleccionan en función del grosor y la naturaleza del material.
- 2. Acondicionamiento:** Las muestras fueron acondicionadas en un ambiente controlado (temperatura y humedad) durante al menos 40 horas antes de la prueba, según las especificaciones de la norma.

3. **Máquina de ensayo:** Se configuró la máquina de ensayo de tracción. Debe ser capaz de medir la fuerza aplicada y la deformación de la muestra con precisión.
4. **Montaje de las mordazas:** Se ajustaron las mordazas de la máquina para sujetar las probetas sin deslizamiento ni deformación.
5. **Colocación de la muestra:** Se colocaron las muestras en las mordazas de la máquina de tracción, asegurándose de que esté centrada y bien alineada.
6. **Aplicación de la carga:** Inició la prueba aplicando una carga de tracción a una velocidad constante, generalmente entre 1 y 500 mm/min, dependiendo del material y del tipo de muestra.
7. **Medición:** Durante la prueba, la máquina registró la carga y la elongación a medida que se aplica la fuerza hasta que la muestra se rompa.

La resistencia a la tracción se calculó dividiendo el área de la sección transversal de la muestra por la máxima fuerza de tracción alcanzada.

$$\sigma_t = \frac{F}{A}$$

Donde:

σ_t : es la resistencia a la tracción.

F: es la fuerza máxima aplicada en tracción (en Newtons o libras).

A: es el área de la sección transversal del material (m² o in²).

3.2.5.2.5. Ensayo para determinar la dureza.

Según la norma ASTM (2021), para realizar el ensayo de dureza se deben seguir los siguientes pasos:

1. **Preparación de la muestra:** La muestra debe tener al menos 6,4 mm (1/4 de pulgada) de espesor, con una superficie plana y lisa.
2. **Acondicionamiento:** La muestra debe acondicionarse a una temperatura y humedad específicas, comúnmente 23 ± 2 °C y 50 ± 5% de humedad relativa, durante al menos una hora antes de la prueba.

3. **Aplicación del Durómetro:** Coloque la muestra sobre una superficie plana, rígida y horizontal. Sostenga el durómetro verticalmente (paralelo a la superficie) y presione el pie de presión firmemente contra la muestra, sin choques, garantizando un contacto firme y uniforme.
4. **Lectura:** La medición de la dureza se registra 1 segundo después de que el pie de presión esté en contacto firme con la muestra.
5. **Mediciones Repetidas:** Se recomienda realizar al menos cinco mediciones en diferentes puntos de la muestra (separados al menos 6 mm entre sí) para calcular el promedio o la mediana.
6. **Tipos de Durómetro:** Los más comunes son el Tipo A (cauchos blandos) y el Tipo D (cauchos duros/plásticos), aunque existen 12 tipos en total (A, B, C, D, DO, E, M, O, OO, OOO, OOO-S, R).

3.2.5.2.6. Determinación de la elongación

La elongación de un material es una medida de cuánto se estira cuando se le aplica una fuerza. Se calculó comúnmente a través de las pruebas de ensayo de tracción. La elongación se define como el cambio en la longitud de un material dividido por su longitud original. Se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Elongación (\%)} = \frac{L_f - L_0}{L_0} \times 100$$

Donde:

L_f: Es la longitud final después de la fractura.

L₀: Es la longitud inicial de la muestra.

3.2.5.2.7. Determinación de degradabilidad en el suelo

La biodegradabilidad en suelo se evaluó mediante un ensayo de degradación controlada, con el propósito de determinar la pérdida de masa y los cambios estructurales de los contenedores tipo bandeja biodegradables elaborados a partir de mesocarpio de coco y epicarpio de maracuyá.

Inicialmente, se cortaron muestras representativas de cada formulación, las cuales fueron acondicionadas y pesadas en balanza analítica para registrar su peso inicial (W_i).

Se empleó diferentes tipos de suelo, colocado en bandejas metálicas con capacidad adecuada, manteniendo su humedad natural.

Posteriormente. Las muestras fueron expuestas a las condiciones ambientales tales como: aire, temperatura, luz y humedad.

En intervalos previamente establecidos, las muestras fueron retiradas cuidadosamente del de las bandejas, limpiadas manualmente para remover residuos adheridos. Este proceso se realizó durante 20 días, haciendo los respectivos cálculos en los días 0, 5, 10, 15, y 20. Finalmente, se registró el peso final (W_f).

La biodegradabilidad se determinó mediante el cálculo del porcentaje de pérdida de masa, utilizando la siguiente expresión:

$$\%P\acute{e}rdida\ de\ masa = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100$$

Donde:

W_i : peso inicial de la muestra

W_f : peso final de la muestra

3.2.5.2.8. Determinación de degradabilidad en el agua

La biodegradación en suelo de los envases tipo bandeja biodegradables fue evaluada mediante un ensayo de degradación natural controlada durante un período de 20 días, con el objetivo de analizar los cambios físicos y estructurales del material en contacto directo con un medio acuoso.

Se seleccionaron muestras representativas de cada tratamiento (T_1 , T_2 y T_3), las cuales fueron cortadas en dimensiones uniformes para garantizar homogeneidad en el ensayo.

Previo al inicio del experimento (día 0), se realizó una inspección visual del estado inicial de las muestras, verificando: integridad estructural, bordes definidos, superficie compacta, y ausencia de fisuras o desprendimiento de material.

Posteriormente, las muestras fueron colocadas en recipientes plásticos que contenían agua a temperatura ambiente, asegurando su contacto directo y permanente con el medio líquido durante todo el período experimental. El sistema se mantuvo en condiciones estáticas, sin agitación mecánica, y protegido de contaminación externa.

En cada intervalo se realizó una evaluación visual cualitativa, registrando los siguientes parámetros:

- Cambios en la coloración del material
- Hinchamiento o expansión estructural
- Presencia de residuos sedimentados en el fondo del recipiente
- Fragmentación del material
- Pérdida de cohesión y forma
- Desintegración parcial o total

Las observaciones fueron documentadas mediante registro fotográfico sistemático, permitiendo el seguimiento comparativo del comportamiento de cada tratamiento a lo largo del tiempo experimental.

3.2.5.2.9. Determinación de pH en frutas.

Para la determinación del pH se utilizó la norma NTE INEN-ISO 1842:2013. Esta Norma Nacional especifica el método potenciométrico para la medición de pH en productos vegetales y de frutas. Utilizar como porción de ensayo un volumen de la muestra preparada suficiente para la inmersión de los electrodos, de acuerdo con el equipo utilizado. Calibrar el pH-metro utilizando una solución tampón de pH exactamente conocido, y que tenga un pH lo más próximo posible al de la muestra al ser analizada a la temperatura de medición. Introducir los electrodos en la porción de ensayo y coloca el sistema de corrección de temperatura del pH-metro a la temperatura de medición.

Si no hay un sistema de corrección de la temperatura, la temperatura de la muestra de ensayo deberá estar dentro del rango $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Proceder a la determinación mediante el procedimiento apropiado para el pH-metro utilizado. Cuando un valor constante ha sido alcanzado, leer el pH directamente desde la escala del instrumento, por lo menos a 0,05 unidades de pH.

3.2.5.2.10. Determinación sólidos solubles en frutas

Para la determinación de los grados Brix se utilizó la norma NTE INEN-ISO 2173: Productos vegetales y frutas - determinación de sólidos solubles - método refractométrico (IDT).

La medición del índice de refracción de una solución de ensayo a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ usando un refractómetro y tablas que correlacionan el índice de refracción con el contenido de sólidos solubles (expresado como sacarosa), o la lectura directa del contenido de sólidos solubles en el refractómetro.

Ajustar la circulación de agua con el fin de operar a la temperatura requerida (entre 15 y 25°C) y mantener el flujo para que los prismas del refractómetro también permanezcan a esta misma temperatura la cual deberá permanecer constante con una variación de ± 0.5 °C durante la determinación. Tomar la solución de ensayo para la medición de la temperatura. Poner una pequeña cantidad de la solución de ensayo (2 o 3 gotas son suficientes) sobre el prisma fijo del refractómetro e inmediatamente ajustar el prisma móvil.

El uso de una lámpara de vapor permite obtener resultados más precisos (especialmente en el caso de productos oscuros o coloreados). Llevar la línea que divide la parte oscura de la clara de la superficie del campo visible hasta la intersección de las líneas y leer el valor del índice de refracción o el porcentaje en masa de sacarosa, de acuerdo al instrumento usado.

El contenido de sólidos solubles, expresado como porcentaje en masa, se obtiene como sigue:

$$\frac{P \times m_1}{m_0}$$

Donde

P: es el porcentaje en masa de sólidos solubles en la solución diluida

m₀: es la masa, en gramos, de la muestra antes de la dilución

m₁: es la masa, en gramos, de la muestra después de la dilución

3.2.5.2.11. Determinación de acidez en frutas

Para determinar la acidez en frutas se utilizó la norma NTE INEN-ISO 750:2013.

Los productos líquidos incluyen productos de los cuales el líquido es fácilmente separable (ej. jugos, frutas en almíbar enlatadas, líquidos de salsas, vinos). Tomar una parte de la muestra de laboratorio previamente mezclada y filtrar a través de una tela de algodón, papel de filtro o algodón. Transferir por medio de la pipeta, 25 mL del filtrado a un frasco volumétrico. Diluir hasta el aforo con agua y mezclar cuidadosamente. Transferir, por medio de la pipeta, 25 mL, 50 mL o 100 mL de la muestra de ensayo diluida de acuerdo a la acidez esperada, a un vaso de precipitado con su agitador. Adicionar de 0,25 mL a 0,5 mL de la solución de fenolftaleína y con agitación valorar, usando la bureta, con la solución de hidróxido de sodio hasta que un color rosado, persistente por 30 s, se obtenga.

La acidez valorable, expresada en milimoles de H^+ por 100 mL de producto, tomando la cantidad de la dilución realizada en la cláusula 6, se da como sigue:

$$\frac{250}{V} \times V_1 \times c \times \frac{100}{V_0} = \frac{1000V_1c}{V_0}$$

Donde:

V: es el volumen, en mililitros, de la muestra de ensayo, ej. 25 mL;

V₀: es el volumen, en mililitros, de la porción de ensayo

V₁: es el volumen, en mililitros, de la solución de hidróxido de sodio usada para la determinación

c: es la concentración exacta, en moles por litro, de la solución de NaOH

3.2.5.2.12. Dimensiones del contenedor tipo bandeja biodegradable

Dimensiones:

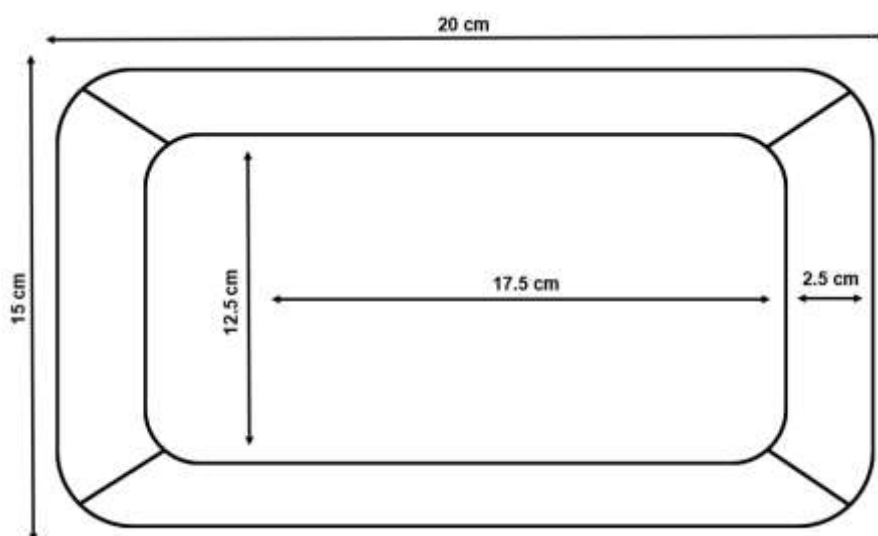
- Longitud: 20 cm
- Ancho: 15 cm
- Altura: 2.5 cm

Grosor del material:

- Grosor del borde: 3 mm a 4 mm
- Grosor de la base: 2 mm a 3 mm

Figura 4.

Diseño del contenedor tipo bandeja biodegradable



Elaborado por: El Autor, 2026

3.2.6 Población y muestra

3.2.6.1. Población.

La población de estudio corresponde a los contenedores alimenticios tipo bandeja biodegradables elaborados con mesocarpio de *Cocos nucifera* L. (coco) y epicarpio de *Passiflora edulis* (maracuyá). Estos contenedores se fabricaron en el laboratorio de la Universidad Agraria del Ecuador, siguiendo un protocolo estandarizado de elaboración.

3.2.6.2. Muestra.

La muestra es el subconjunto de la población que realmente participó en el estudio y sobre el cual se recolectaron datos. La determinación de la muestra depende de varios factores, como los recursos disponibles, la accesibilidad de los materiales, y la metodología de investigación (por ejemplo, experimentación, encuestas, análisis de laboratorio, etc.). En este estudio se obtuvieron un total de 51 muestras para realizar los respectivos análisis.

3.2.7 Análisis estadístico

Los datos obtenidos se sometieron a un diseño completo al azar mediante ANOVA y análisis de Tukey al 5 % de probabilidad, que incluye 3 tratamientos y 4 repeticiones por lo que este análisis es adecuado para comparar las medias de las propiedades mecánicas, degradación y almacenamiento de frutas entre diferentes tratamientos o condiciones, lo que es relevante en el estudio al evaluar las propiedades mecánicas a analizar que son: la resistencia a tracción, dureza y elongación de contenedores tipo bandeja biodegradables elaborados con mesocarpio de *Cocos nucifera* L. y epicarpio de *Passiflora edulis*.

Tabla 8.

Análisis de varianza de ANOVA

Fuente de varianza	Grados de libertad
Tratamientos (t-1)	(3-1) = 2
Error (N-t)	(12-3) = 9
Total (N-1)	(12-1) = 11

Elaborado por: El Autor, 2026

3.2.7.1. Hipótesis estadísticas.

H0: No existe un efecto significativo en las propiedades mecánicas, degradación y almacenamiento de frutas de los contenedores tipo bandeja biodegradables a partir de mesocarpio de coco (*Cocos nucifera* L.) y epicarpio de maracuyá (*Passiflora edulis*).

H1: Si existe un efecto significativo en las propiedades mecánicas, degradación y almacenamiento de frutas de los contenedores tipo bandeja biodegradables a partir de mesocarpio de coco (*Cocos nucifera* L.) y epicarpio de maracuyá (*Passiflora edulis*).

4. RESULTADOS

4.1 Determinación de las propiedades mecánicas (tracción, elongación y dureza) de los contenedores tipo bandeja biodegradables.

En la Tabla 9 se presentan los resultados de las propiedades mecánicas de tracción (MPa) de las bandejas biodegradables elaboradas con diferentes proporciones de mesocarpio de coco y epicarpio de maracuyá. Los valores corresponden a la media y desviación estándar de tres tratamientos, identificados como T1, T2 y T3.

Tabla 9.

Análisis de resistencia a la tracción de las muestras de los envases tipo bandeja biodegradable

Tratamientos	Carga máxima (kN)	Esfuerzo máximo (MPa)	Espesor (mm)	Anchura (mm)
T1	0.038±0.013 ^b	2.441±0.865	3.14±0.436	4.98±0.381 ^{ab}
T2	0.031±0.014 ^{ab}	2.544±1.284	2.59±1.100	4.58±0.266 ^a
T3	0.021±0.014 ^a	1.328±0.978	3.11±0.504	5.05±0.299 ^b

Comparaciones múltiples efectuadas mediante la prueba Tukey, letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

Elaborado por: El Autor, 2026

En relación con la carga máxima, no se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos T1 y T2, ni entre T2 y T3; sin embargo, sí se evidenció una diferencia significativa entre T1 y T3. Los valores promedio indican que T1 presentó la mayor resistencia a la carga máxima (0.038 kN), seguido de T2 (0.031 kN), mientras que T3 mostró el menor valor (0.021 kN), evidenciando un comportamiento mecánico más débil. Este resultado podría atribuirse a la mayor proporción de mesocarpio de coco en T3, lo que habría afectado negativamente la cohesión de la matriz compuesta y, en consecuencia, su capacidad de soportar carga.

Respecto al esfuerzo máximo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos evaluados. No obstante, los valores promedio muestran que T2 alcanzó el mayor esfuerzo máximo (2.544 MPa), lo que sugiere que una mayor proporción de epicarpio de maracuyá contribuye a mejorar esta propiedad, seguido de T1 (2.441 MPa). Por su parte, T3 presentó el valor más bajo (1.328 MPa), tendencia que coincide con los resultados

de carga máxima y refuerza la menor integridad estructural asociada a su formulación.

Tabla 10.

Análisis de elongación de las muestras de los envases tipo bandeja biodegradable

Tratamientos	Elongación (%)	Espesor (mm)	Anchura (mm)
T1	3.390±1.601 ^a	3.14±0.436	4.98±0.381 ^{ab}
T2	6.229±1.961 ^b	2.59±1.100	4.58±0.266 ^a
T3	4.182±2.522 ^{ab}	3.11±0.504	5.05±0.299 ^b

Comparaciones múltiples efectuadas mediante la prueba Tukey, letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

Elaborado por: El Autor, 2026

En cuanto a la elongación, se evidenció una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos T1 y T2, mientras que no se encontraron diferencias significativas entre T1 y T3 ni entre T2 y T3. El tratamiento T2 presentó el mayor porcentaje de elongación (6.229 %), seguido de T3 (4.182 %) y T1 (3.390 %). Estos resultados indican que una mayor proporción de epicarpio de maracuyá favorece la flexibilidad del biocompuesto, mientras que una formulación más equilibrada de ambos materiales, como en T1, conduce a un menor nivel de deformación. Adicionalmente, el coeficiente de variación mostró que T2 presentó menor dispersión de los datos, mientras que T3 evidenció mayor variabilidad en esta propiedad.

Tabla 11.

Análisis de elongación de las muestras de los envases tipo bandeja biodegradable

Tratamientos	Dureza (Shore D)
T1	43.800±3.020 ^a
T2	52.133±1.002 ^b
T3	49.833±1.079 ^b

Comparaciones múltiples efectuadas mediante la prueba Tukey, letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

Elaborado por: El Autor, 2026

Los resultados de dureza evidenciaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos evaluados. Se observaron diferencias significativas entre T1 y T2, así como entre T1 y T3; en cambio, no se registraron diferencias estadísticamente significativas entre T2 y T3, aunque este último presentó un valor ligeramente inferior. En términos de valores promedio, T1 alcanzó una dureza de 43.800 Shore D, T2 presentó el valor más alto (52.133 Shore D), lo que indica un material más rígido, y T3 obtuvo 49.833 Shore D. Estos resultados confirman que las proporciones de mesocarpio de coco y epicarpio de maracuyá influyen de manera significativa en la rigidez superficial del material biodegradable.

4.2 Cálculo del porcentaje de degradación de los contendores tipo bandeja biodegradables en dos tipos de biodegradación: suelo y agua.

La evaluación de la biodegradabilidad se realizó durante un periodo de 20 días, utilizando un total de 24 muestras correspondientes a tres tratamientos (T1, T2 y T3), con cuatro repeticiones y evaluadas bajo dos condiciones: suelo y agua. Previo al ensayo, todas las muestras se sometieron a un proceso de secado durante 7 días para completar el curado; posteriormente, se registró su peso inicial antes de iniciar la evaluación. Las muestras se distribuyeron equitativamente entre ambas condiciones, con 12 muestras por cada medio, y presentaron dimensiones aproximadas de 4 cm × 4 cm y un espesor estimado de 3 - 4 mm. A continuación, se detalla en la Tabla 10 el registro del *peso* para cada una de las cuatro *muestras*, evaluadas en intervalos de cinco días.

Tabla 12.

Registro del peso del Tratamiento 1 durante el ensayo de biodegradación en suelo

Muestras	DÍA 0 (g)	DÍA 5 (g)	DÍA 10 (g)	DÍA 15 (g)	DÍA 20 (g)
1	3,35	3,27	3,24	3,20	3,16
2	2,93	2,86	2,82	2,79	2,76
3	3,03	2,95	2,92	2,90	2,86
4	2,89	2,81	2,78	2,75	2,73

Los valores corresponden al peso de cuatro réplicas medidos en intervalos de 5 días. La pérdida de masa indica la degradación física del material en el suelo.

Elaborado por: El Autor, 2026

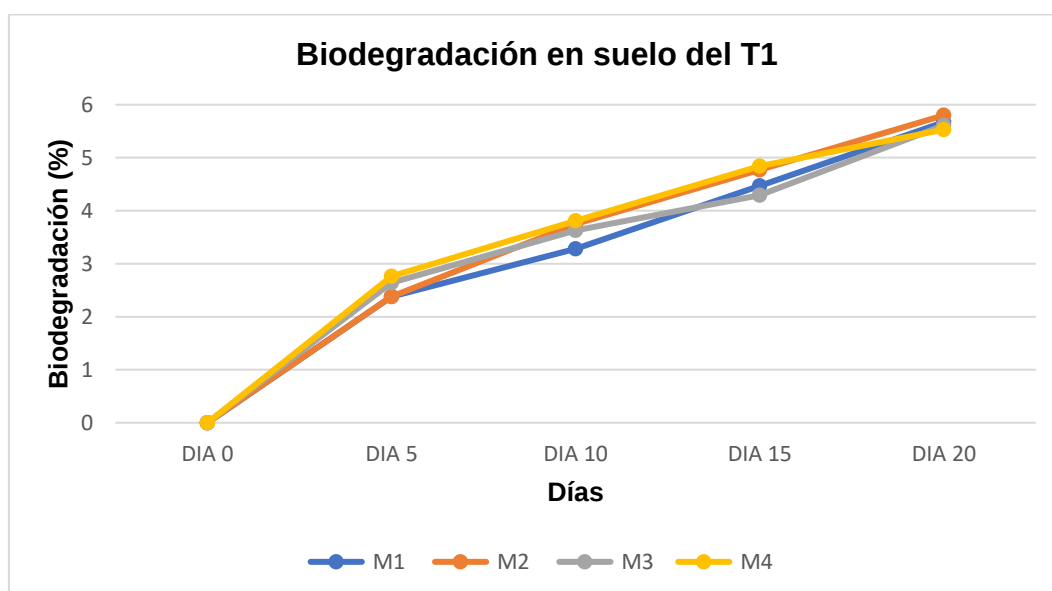
Se observa una disminución progresiva y constante en el material de todas las muestras de envases tipo bandeja biodegradable sometidas durante los 20 días del ensayo. Al inicio del ensayo (Día 0), las muestras presentan pesos iniciales que oscilan entre los 2,89 g y 3,35 g, los cuales disminuyen de manera ininterrumpida en cada intervalo de medición de cinco días.

Esta tendencia decreciente en el peso absoluto es el indicador físico primario de la degradación del material en el suelo, lo que confirma que el entorno biológico y las condiciones de humedad han permitido el inicio del proceso de descomposición. La ausencia de fluctuaciones o aumentos de peso atípicos durante el periodo evaluado valida el rigor metodológico en la preparación y limpieza de las muestras antes de cada pesaje, asegurando que la pérdida de masa sea atribuible exclusivamente a la degradación del material.

Posterior al registro detallado de los pesos en la Tabla 10, se procedió a graficar los niveles de biodegradación del Tratamiento 1 para identificar patrones en su descomposición. Como se aprecia en la Figura 5, el gráfico de líneas permite confirmar la repetibilidad del ensayo, destacando una fase de pérdida de masa constante que refleja la interacción efectiva entre el material y los agentes biológicos del suelo durante el periodo evaluado

Figura 5.

Porcentaje de biodegradación del Tratamiento 1 en suelo.



El porcentaje de biodegradación se calculó mediante la relación entre la pérdida de masa y el peso inicial.

Elaborado por: El Autor, 2026

Por su parte, el gráfico de biodegradación traduce estos cambios de peso en valores porcentuales, permitiendo normalizar el comportamiento de las muestras y facilitar su comparación visual. Se observa una trayectoria ascendente y lineal en las cuatro curvas (M1 a M4), las cuales muestran una pendiente más pronunciada durante los primeros cinco días, indicando una fase de degradación inicial acelerada.

Hacia el final del periodo de ensayo en el Día 20, todas las réplicas convergen en un rango de biodegradación muy estrecho, situado entre el 5,5% y el 5,8% de pérdida de masa total. Esta proximidad entre las líneas en el gráfico es un indicador de alta precisión y repetibilidad experimental, demostrando que el Tratamiento 1 responde de manera uniforme al ataque de los microorganismos del suelo, con una proyección de degradación sostenida a largo plazo.

Tabla 13.

Registro del peso del Tratamiento 2 durante el ensayo de biodegradación en suelo

Muestras	DÍA 0 (g)	DÍA 5 (g)	DÍA 10 (g)	DÍA 15 (g)	DÍA 20 (g)
1	3,25	3,17	3,14	3,10	3,06
2	3,34	3,30	3,24	3,17	3,15
3	3,91	3,86	3,77	3,72	3,69
4	3,78	3,70	3,64	3,60	3,56

Los valores corresponden al peso de cuatro réplicas medidos en intervalos de 5 días. La pérdida de masa indica la degradación física del material en el suelo.

Elaborado por: El Autor, 2026

El comportamiento físico del Tratamiento 2 (T2) muestra una disminución gradual y sistemática en la masa de todas las muestras durante el periodo de 20 días. Los datos presentados indican que las muestras comenzaron con pesos iniciales diversos, situándose entre 3,25 g y 3,91 g en el Día 0, y finalizaron el ensayo con un rango de 3,06 g a 3,69 g.

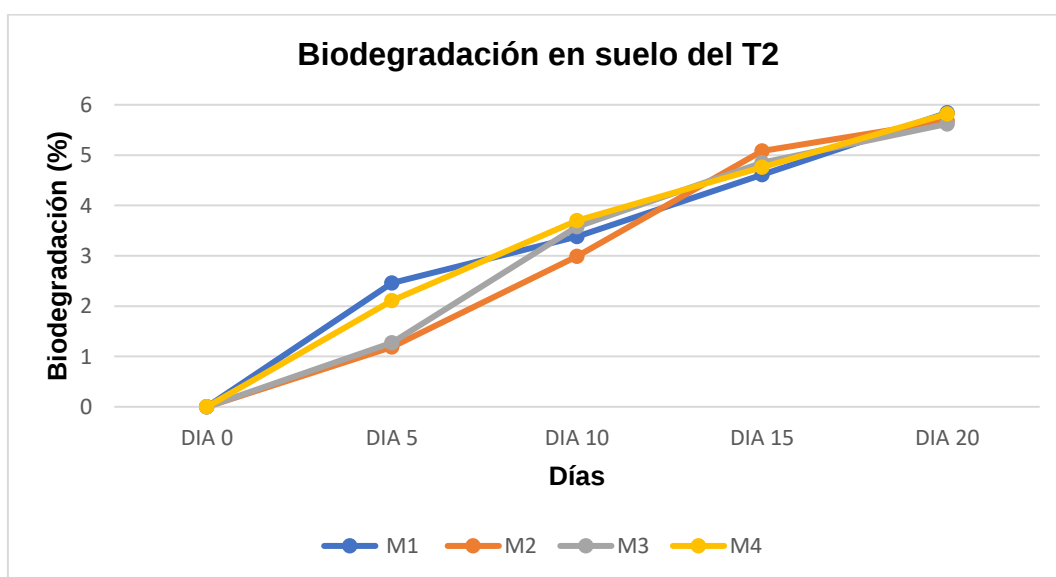
Esta reducción continua de peso en cada intervalo de cinco días confirma la susceptibilidad del material ante los agentes de degradación presentes en el suelo, evidenciando que la pérdida de masa es un fenómeno constante y no eventos aislados. La estabilidad en la tendencia de descenso entre las cuatro réplicas

sugiere una respuesta uniforme del T2 a las condiciones controladas del ensayo, validando la precisión de las mediciones realizadas.

Para una mejor visualización de la degradación experimentada por el Tratamiento 2, se presenta la Figura 6, la cual correlaciona el tiempo de exposición en suelo con el porcentaje de pérdida de masa acumulada. Este gráfico permite determinar con mayor claridad la velocidad de asimilación biológica del material y la consistencia en el comportamiento de las cuatro muestras evaluadas a lo largo del periodo de estudio.

Figura 6.

Porcentaje de biodegradación del Tratamiento 2 en suelo.



El porcentaje de biodegradación se calculó mediante la relación entre la pérdida de masa y el peso inicial.

Elaborado por: El Autor, 2026

La representación porcentual de la biodegradación del Tratamiento 2 permite identificar una cinética de degradación progresiva con una tendencia lineal ascendente. A diferencia de otros comportamientos, en este gráfico se observa una ligera dispersión entre las réplicas durante los días intermedios (Día 5 al Día 15), donde la muestra M1 muestra un incremento inicial más marcado, mientras que M2 y M3 presentan una curva de adaptación más lenta antes de acelerar su pérdida de masa hacia el Día 15.

No obstante, al concluir los 20 días de estudio, todas las réplicas convergen de manera notable en un nivel de biodegradación final que se sitúa aproximadamente entre el 5,6% y el 5,8%. Este resultado final tan cercano entre

las cuatro muestras demuestra que, a pesar de ligeras variaciones en el ritmo de descomposición inicial, el Tratamiento 2 alcanza un grado de degradación física consistente y significativo en el corto plazo.

Tabla 14.

Registro del peso del Tratamiento 3 durante el ensayo de biodegradación en suelo.

Muestras	DÍA 0 (g)	DÍA 5 (g)	DÍA 10 (g)	DÍA 15 (g)	DÍA 20 (g)
1	2,95	2,85	2,82	2,79	2,71
2	3,07	2,99	2,95	2,92	2,81
3	3,14	3,07	3,03	2,99	2,93
4	2,95	2,88	2,84	2,82	2,77

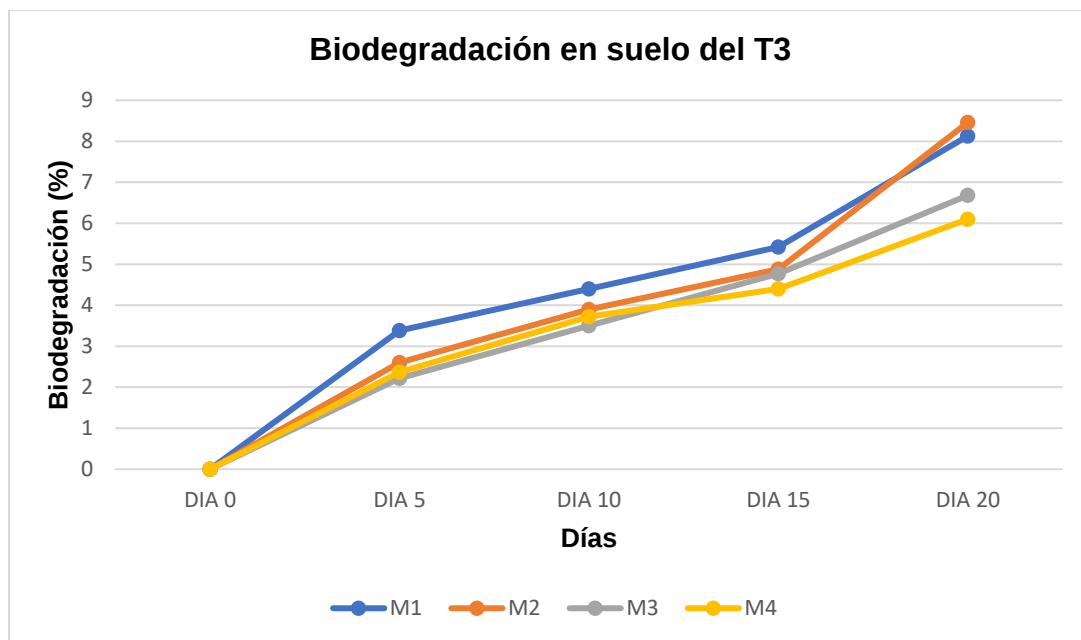
Los valores corresponden al peso de cuatro réplicas medidos en intervalos de 5 días. La pérdida de masa indica la degradación física del material en el suelo.

Elaborado por: El Autor, 2026

La evaluación de la pérdida de masa en función del tiempo del Tratamiento 3, detallado en la Tabla 12, evidencia una reducción sustancial y constante de la masa en todas las réplicas durante los 20 días de experimentación. Las muestras iniciaron con pesos que variaron entre 2,95 g y 3,14 g, finalizando el periodo con valores comprendidos entre 2,71 g y 2,93 g.

Esta disminución sostenida en cada intervalo de cinco días confirma que el material que compone el T3 presenta una interacción efectiva con el medio edáfico, permitiendo una pérdida de peso progresiva que es indicativa de su degradación física. Al igual que en los tratamientos previos, la uniformidad en el descenso de peso entre las cuatro réplicas respalda la estabilidad de las condiciones de ensayo y la precisión en la toma de datos.

Con el propósito de ilustrar la cinética de descomposición de manera proporcional, los datos de peso se convirtieron a valores porcentuales, facilitando la observación del ritmo de pérdida de masa en relación con el peso inicial de cada muestra. La Figura 7 presenta esta evolución porcentual, permitiendo identificar patrones específicos en la velocidad de degradación del Tratamiento 3 a lo largo del tiempo.

Figura 7.***Porcentaje de biodegradación del Tratamiento 3 en suelo.***

El porcentaje de biodegradación se calculó mediante la relación entre la pérdida de masa y el peso inicial.

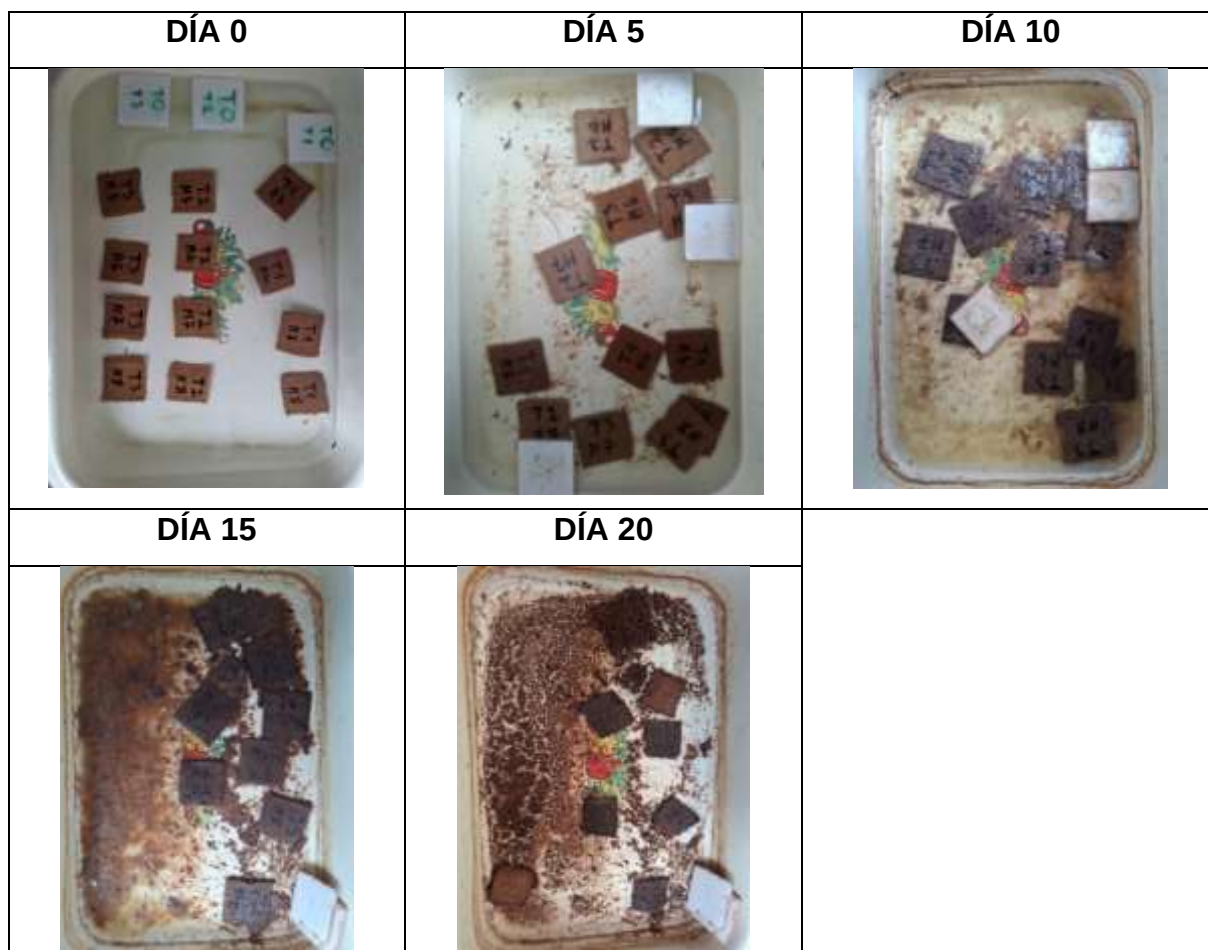
Elaborado por: El Autor, 2026

La representación gráfica del Tratamiento 3 evidencia una cinética de biodegradación más acelerada en la fase final del estudio en comparación con los demás tratamientos. Tras un comportamiento inicial relativamente estable, las curvas presentan un incremento notable en la tasa de degradación a partir del día 15, especialmente en las réplicas M1 y M2, las cuales superan el 8 % de pérdida de masa al día 20.

Si bien se observa una mayor variabilidad entre las muestras con valores finales que oscilan entre el 6 % y aproximadamente el 8,5 % todas mantienen una tendencia ascendente bien definida. Este comportamiento sugiere que el Tratamiento 3 presenta mayor susceptibilidad a los procesos de degradación microbiológica y/o química del suelo, alcanzando los niveles de biodegradación más elevados registrados durante el ensayo.

Figura 8.

Muestras de los envases tipo bandeja biodegradable sometidas a biodegradación en agua



Elaborado por: El Autor, 2026

En el día 0, todas las muestras se encontraban íntegras, con bordes definidos, superficie compacta y sin desprendimiento de material, lo que evidencia una adecuada conformación inicial. A partir del día 5, se observó la presencia de residuos finos en el fondo de los recipientes, indicando el inicio de procesos de absorción de agua, hinchamiento y lixiviación de compuestos solubles. Para el día 10, se evidenció una mayor desintegración superficial, acompañada de pérdida parcial de forma y aumento del material sedimentado, reflejando una ruptura progresiva de la matriz. En el día 15, la fragmentación fue más marcada, especialmente en las muestras del tratamiento T3, las cuales mostraron una mayor pérdida de cohesión y acumulación de residuos orgánicos. Finalmente, al día 20, todos los tratamientos presentaron un alto grado de deterioro; no obstante, T1 y T2 mostraron una degradación más gradual, conservando parcialmente su forma, mientras que T3 evidenció una degradación más rápida y pronunciada.

En términos generales, los resultados indican que la biodegradación en agua es más rápida y visualmente más evidente que en suelo, debido al contacto continuo con el medio líquido, el cual facilita la disolución y el desprendimiento de componentes orgánicos. Asimismo, se confirma que la proporción de mesocarpio de coco y epicarpio de maracuyá influye significativamente en el comportamiento del material en medio acuoso, siendo las formulaciones con mayor contenido de coco las más susceptibles a la desintegración.

4.3 Comparación mediante análisis fisicoquímicos (pH, grados Brix y acidez titulable), la eficacia en la conservación de frutas almacenadas en refrigeración utilizando contenedores tipo bandeja biodegradables frente a contenedores convencionales.

Se evaluaron las características fisicoquímicas de tres frutas (uvas, manzanas y peras) sometidas a diferentes condiciones de almacenamiento. Las frutas se clasificaron en tres tratamientos: T0, frutas expuestas al ambiente; TE, frutas refrigeradas en prototipos de bandejas biodegradables; y TC, frutas refrigeradas en envases convencionales. El experimento tuvo una duración de 4 días, tanto en condiciones ambientales como de refrigeración. En las Tablas 15, 16 y 17 se presenta el análisis estadístico correspondiente a cada fruta y a cada tratamiento evaluado.

Tabla 15.

Parámetros fisicoquímicos de las muestras de uvas en las tres condiciones

Fruta	Tratamiento	°Brix	pH	Acidez (%)
Uvas	T0	15.10±0.79	3.85±0.031 ^a	0.42±0.025 ^a
	TE	13.80±0.30	3.95±0.010 ^b	0.41±0.040 ^a
	TC	14.00±0.50	3.87±0.015 ^a	0.63±0.035 ^b

Comparaciones múltiples efectuadas mediante la prueba Tukey, letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$). Los valores de referencia se basan en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2337. Uvas: °Brix ≥ 11.0 , pH < 4.5 , Acidez entre 0.1 y 0.6 %. T0: frutas expuestas al ambiente; TE: frutas refrigeradas en prototipos de bandejas biodegradables; y TC: frutas refrigeradas en envases convencionales.

Elaborado por: El Autor, 2026

En el caso de las uvas, el contenido de sólidos solubles (°Brix) fue mayor en el tratamiento T0 (15.10 °Brix), seguido de TC (14.00 °Brix) y TE (13.80 °Brix), superando en todos los casos el valor mínimo exigido de 11 °Brix. Aunque no se observaron diferencias estadísticamente significativas, el mayor valor en T0 podría atribuirse a la pérdida de humedad por exposición ambiental, lo que favorece la concentración de azúcares. Respecto al pH, el tratamiento TE presentó el valor más alto (3.95), en comparación con T0 (3.85) y TC (3.87); no obstante, todos los valores se mantuvieron por debajo del límite máximo establecido por la norma (< 4.5), indicando una acidez adecuada. En este parámetro, TE mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) frente a los otros tratamientos. En cuanto a la acidez titulable, dominada por la presencia de ácido tartárico, el tratamiento TC registró el valor más alto (0.637 %), superando el límite superior del rango aceptado, mientras que T0 (0.427 %) y TE (0.413 %) se mantuvieron dentro de los valores permitidos. TC presentó diferencias significativas respecto a T0 y TE, entre los cuales no se observaron diferencias. Estos resultados sugieren que el uso de envases convencionales puede favorecer un incremento de la acidez en uvas, posiblemente asociado a una aceleración de los procesos fisiológicos durante el almacenamiento.

Tabla 16.

Parámetros fisicoquímicos de las muestras de manzanas en las tres condiciones

Fruta	Tratamiento	°Brix	pH	Acidez (%)
Manzanas	T0	10.00±1.32	4.14±0.025 ^c	0.26±0.012 ^b
	TE	10.23±0.25	3.99±0.015 ^b	0.26±0.012 ^b
	TC	11.83±1.60	3.94±0.015 ^a	0.21±0.012 ^a

Comparaciones múltiples efectuadas mediante la prueba Tukey, letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$). Los valores de referencia se basan en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2337. Manzanas: °Brix ≥ 6.0 , pH < 4.5 , Acidez entre 0.1 y 0.6 %. Uvas: °Brix ≥ 11.0 , pH < 4.5 , Acidez entre 0.1 y 0.6 %. T0: frutas expuestas al ambiente; TE: frutas refrigeradas en prototipos de bandejas biodegradables; y TC: frutas refrigeradas en envases convencionales.

Elaborado por: El Autor, 2026

En las manzanas, el tratamiento TC mostró el mayor contenido de sólidos solubles (11.83 °Brix), seguido de TE (10.23 °Brix) y T0 (10.00 °Brix). Aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas, se evidenció una tendencia favorable en los tratamientos refrigerados, los cuales contribuyeron a la conservación del contenido de azúcares. En relación con el pH, T0 presentó el valor más alto (4.14), seguido de TE (3.99) y TC (3.94); en este caso, se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre los tres tratamientos. Respecto a la acidez titulable, asociada principalmente al ácido málico, T0 y TE presentaron valores similares (0.267 %), mientras que TC registró el valor más bajo (0.213 %). Aunque todos los tratamientos se ubicaron dentro del rango permitido, TC mostró diferencias significativas frente a T0 y TE, lo que sugiere que el almacenamiento en envases convencionales bajo refrigeración favoreció una mayor reducción de los ácidos orgánicos.

Tabla 17.

Parámetros fisicoquímicos de las muestras de peras en las tres condiciones

Fruta	Tratamiento	°Brix	pH	Acidez (%)
Peras	T0	11.83±1.25	4.49±0.021 ^c	0.26±0.015 ^a
	TE	13.16±0.57	4.29±0.035 ^b	0.24±0.000 ^a
	TC	12.66±0.28	4.20±0.017 ^a	0.26±0.023 ^a

Comparaciones múltiples efectuadas mediante la prueba Tukey, letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$). Los valores de referencia se basan en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2337. Peras: °Brix ≥ 10.0 , pH < 4.5 , Acidez entre 0.1 y 0.6 %. Uvas: °Brix ≥ 11.0 , pH < 4.5 , Acidez entre 0.1 y 0.6 %. T0: frutas expuestas al ambiente; TE: frutas refrigeradas en prototipos de bandejas biodegradables; y TC: frutas refrigeradas en envases convencionales.

Elaborado por: El Autor, 2026

En el caso de las peras, el tratamiento TE alcanzó el mayor valor de °Brix (13.17), seguido de TC (12.67) y T0 (11.83). Si bien no se observaron diferencias estadísticamente significativas, los resultados indican que el uso de bandejas biodegradables en refrigeración puede contribuir a una mejor conservación de los sólidos solubles. En cuanto al pH, T0 presentó el valor promedio más alto (4.49),

superior al mínimo establecido por la norma, mientras que TE (4.29) y TC (4.20) mostraron una disminución significativa del pH; las diferencias entre los tres tratamientos fueron estadísticamente significativas ($p < 0.05$). Respecto a la acidez titulable, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, con valores promedio de 0.26 % para T0 y TC, y 0.24 % para TE, todos dentro del intervalo aceptable. Estos resultados indican que, independientemente del tipo de envase o condición de almacenamiento, la acidez de las peras se mantuvo estable durante el periodo de evaluación.

5. DISCUSIÓN

En relación con las propiedades mecánicas, esta investigación se determinó que el Tratamiento 2 fue el que mejores propiedades mecánicas obtuvo, dando como resultado en la resistencia a la tracción un valor de 2.54 MPa. Por otra parte, en la investigación de Macías et al. (2023) obtuvieron un bioplástico con una resistencia a la tracción de 0.39 MPa, valor inferior al máximo registrado en esta investigación. Esta diferencia puede atribuirse, en parte, al mayor espesor de los prototipos desarrollados en el presente estudio, así como a la composición del material, ya que los autores emplearon fibra de coco combinada con cáscara de papaya, mientras que en esta investigación se utilizó epicarpio de maracuyá. Asimismo, el bioplástico reportado por dichos autores presentó una mayor flexibilidad, mientras que los prototipos desarrollados en este estudio mostraron un comportamiento más rígido.

De manera similar, Babalola y Olorunnisola (2019) elaboraron biocompuestos a partir de fibra de coco y almidón de yuca, obteniendo un valor máximo de resistencia a la tracción de 0.68 MPa, también inferior a los resultados obtenidos en esta investigación. Estos contrastes permiten inferir que la incorporación de epicarpio de maracuyá influye positivamente en las propiedades mecánicas del material. En particular, el tratamiento T2, con mayor proporción de este componente, presentó los mejores resultados en tracción y elongación, mientras que, en términos de dureza, se ubicó por debajo de T3, aunque sin diferencias estadísticamente significativas.

En cuanto al comportamiento de biodegradación, se analizaron en dos medios; suelo y agua, dentro de los cuales en el que mayor biodegradación se logró, fue en el agua. Se lograron apreciar durante los 20 días de estudio y cambio físico en las muestras, desintegrando casi por completo el Tratamiento 3, el cual fue más biodegradable que los otros. En el estudio de Aguiar, García, y Vallejo (2020) desarrollaron utensilios biodegradables de un solo uso a partir de tallo de banano, reportando tiempos cortos de degradación posteriores al uso. En comparación, en la presente investigación se observó una pérdida de masa de hasta el 8 % en suelo, mientras que en medio acuoso se evidenció una degradación visualmente acelerada, caracterizada por un desprendimiento significativo del material, principalmente en el tratamiento T3. De forma complementaria, Noor, Afriani, Puriza y Tiandho (2020) elaboraron un bioembalaje a partir de residuos de

papel y fibra de coco, evaluando su biodegradación en agua salada y dulce. En dicho estudio se reportaron tiempos de degradación de 10 a 20 minutos para materiales con un espesor de 0.023 mm. En contraste, los prototipos evaluados en esta investigación, con un espesor considerablemente mayor (3 – 4 mm), mostraron desprendimiento del material entre los días 5 y 10. Estos resultados confirman que tanto la naturaleza del material, como su espesor y el medio de exposición, influyen de manera determinante en el proceso de biodegradación.

Respecto a las características fisicoquímicas de las frutas, el estudio realizó análisis a tre frutas diferentes (uvas, manzanas y peras), haciendo una comparación entre las frutas almacenadas en envases convencionales y biodegradables, el cual presentó valores prometedores en la investigación. Comparando con Posada, Forero, y Deaquiz (2025) que evaluaron manzanas almacenadas en envases PET y en empaques biodegradables a base de almidón de maíz durante 21 días, observando una disminución progresiva de los °Brix en ambos tratamientos. Los autores reportaron una reducción más pronunciada en los envases PET, alcanzando valores de 8 °Brix, mientras que en los empaques biodegradables se mantuvieron en 10 °Brix. En contraste, en la presente investigación se observó que las uvas almacenadas en bandejas biodegradables registraron el menor valor de °Brix (13.80 °Brix) en comparación con los envases convencionales. En el caso de las manzanas, el valor más bajo se presentó en las muestras expuestas al ambiente (10.00 °Brix), seguido de las bandejas biodegradables (10.23 °Brix), mientras que en las peras, el menor contenido de sólidos solubles se registró en los envases convencionales (12.66 °Brix). Estas diferencias sugieren que, en el contexto de este estudio, la refrigeración y el tipo de material de empaque influyeron de manera conjunta en la conservación de los azúcares.

En relación con la acidez, Posada, Forero, y Deaquiz (2025) señalaron que las manzanas almacenadas en envases PET presentaron menores variaciones durante el periodo de estudio. En contraste, en la presente investigación se observó que las uvas y peras presentaron menores niveles de acidez cuando fueron almacenadas en bandejas biodegradables, mientras que las manzanas mostraron una menor acidez en los envases convencionales, evidenciando que la respuesta fisicoquímica depende tanto del tipo de fruta como del material de empaque.

Finalmente, Linares et al. (2021) evaluaron la vida útil de chiles serranos almacenados en envases de papel elaborados a partir de residuos fibrosos de piñón mexicano y tallos/hojas de maíz, reportando valores de acidez entre 0.18 y 0.22 % para los testigos y entre 0.13 y 0.18 % para los chiles envasados. Estos resultados coinciden con los hallazgos del presente estudio, en los cuales el almacenamiento favoreció una menor acidez en las frutas, particularmente en uvas y peras, que alcanzaron valores de 0.41 % y 0.24 %, respectivamente. En cuanto al pH, Linares et al. (2021) reportaron variaciones leves a lo largo del tiempo, mientras que en esta investigación se registraron valores mínimos de pH 3.85 en uvas almacenadas al ambiente, 3.99 en manzanas y 4.20 en peras almacenadas en envases convencionales. Estos resultados confirman que el tipo de envase y las condiciones de almacenamiento influyen en la evolución fisicoquímica de los productos hortofrutícolas.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

En relación con la determinación de las propiedades mecánicas de los contenedores tipo bandeja biodegradables elaborados a partir de mesocarpio de coco y epicarpio de maracuyá, los resultados evidenciaron que la proporción de estos materiales influye significativamente en el comportamiento estructural del biocompuesto. En este sentido, el tratamiento T2 presentó los mejores valores de resistencia a la tracción con el esfuerzo máximo, elongación y dureza, lo que indica un material con mayor resistencia, flexibilidad y rigidez superficial. Por su parte, el tratamiento T1 mostró una mayor resistencia a la carga máxima, mientras que el tratamiento T3 registró los valores más bajos en resistencia mecánica, lo que sugiere que una mayor proporción de mesocarpio de coco puede disminuir la cohesión estructural del material. En consecuencia, se confirma que una adecuada combinación de ambas materias primas permite mejorar las propiedades mecánicas del envase biodegradable.

En cuanto a la evaluación de la biodegradabilidad de los contenedores tipo bandeja, los resultados demostraron que todos los tratamientos experimentaron una pérdida progresiva de masa tanto en suelo como en agua, lo que confirma el carácter biodegradable del material desarrollado. En el medio edáfico, la degradación ocurrió de manera gradual durante los 20 días de ensayo, alcanzando porcentajes cercanos al 6 % en los tratamientos T1 y T2, mientras que el tratamiento T3 presentó los niveles más altos de biodegradación, con valores que superaron el 8 % de pérdida de masa. De manera complementaria, en el medio acuoso se observó una desintegración más rápida y evidente, caracterizada por procesos de absorción de agua, hinchamiento y fragmentación progresiva de la matriz. Estos resultados evidencian que las formulaciones con mayor proporción de mesocarpio de coco presentan mayor susceptibilidad a los procesos de degradación, lo cual favorece su descomposición en ambientes naturales.

Finalmente, respecto a la evaluación de la eficacia de los contenedores biodegradables en la conservación de frutas almacenadas en refrigeración, los análisis fisicoquímicos de pH, sólidos solubles (°Brix) y acidez titulable evidenciaron que el uso de bandejas biodegradables permitió mantener condiciones adecuadas de calidad en uvas, manzanas y peras durante el periodo de almacenamiento. Los valores obtenidos se mantuvieron dentro de los rangos establecidos por la

normativa correspondiente, demostrando que los envases desarrollados no afectan negativamente las características fisicoquímicas de las frutas. Además, en algunos casos, como en las peras, las bandejas biodegradables favorecieron una mejor conservación de los sólidos solubles en comparación con las frutas expuestas al ambiente. En consecuencia, se concluye que los contenedores tipo bandeja elaborados con mesocarpio de coco y epicarpio de maracuyá representan una alternativa viable y sostenible para el almacenamiento y conservación de frutas bajo condiciones de refrigeración.

6.2 Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos en la evaluación de las propiedades mecánicas, se recomienda profundizar en la optimización de las formulaciones empleadas, particularmente en la proporción entre mesocarpio de coco y epicarpio de maracuyá, con el propósito de mejorar la resistencia estructural y la durabilidad del material. Asimismo, sería conveniente incorporar otros aditivos naturales o biopolímeros que permitan reforzar la matriz del biocompuesto y aumentar sus propiedades mecánicas, lo cual facilitaría su aplicación en envases para diferentes tipos de alimentos.

En relación con el proceso de biodegradación, se sugiere realizar estudios a mayor escala y durante periodos de tiempo más prolongados que permitan evaluar el comportamiento del material en condiciones ambientales reales. De igual manera, sería pertinente analizar la influencia de factores como la humedad, temperatura y actividad microbiana del suelo sobre la velocidad de degradación del biocompuesto, con el fin de comprender con mayor precisión su comportamiento en distintos ecosistemas.

Con respecto a la aplicación de los contenedores biodegradables en la conservación de frutas, se recomienda ampliar las investigaciones hacia otros productos hortofrutícolas y extender el tiempo de almacenamiento para evaluar su desempeño durante periodos más largos de refrigeración. Además, sería oportuno analizar otros parámetros de calidad, tales como pérdida de peso, firmeza, color y características microbiológicas, con el objetivo de obtener una evaluación más integral del efecto del envase biodegradable en la conservación de alimentos frescos.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguiar, S., Enríquez, M., & Uvidia, H. (2022). Residuos agroindustriales: su impacto, manejo y aprovechamiento. *AXIOMA*, 1(27), 5-11. doi:<https://doi.org/10.26621/ra.v1i27.803>
- Aguiar, S., García, M., & Vallejo, S. (2020). Diseño y elaboración de utensilios biodegradables a partir de la fibra del tallo de banano (*Musa paradisiaca*) como alternativa de uso para mitigar impactos ambientales causados por el plástico. *Ciencia Digital*, 4(1), 373-384. doi:<https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v4i1.1118>
- Arce, G., & Quispe, Z. (2016). *Determinación de pH de los alimentos de la Región Cusco y su variación sobre el pH salival en los estudiantes de la Escuela Profesional de Estomatología de la Universidad Andina del Cusco 2016* [Tesis de grado, Universidad Andina del Cusco]. <https://hdl.handle.net/20.500.12557/562>
- Arcos, J., & Marín, B. (2021). La actualidad de los tipos de envases plásticos para alimentos. *E-IDEA Journal of Engineering Science*, 3(6), 1-16. doi:<https://doi.org/10.53734/esci.vol3.id176>
- Asociación Española de Normalización: UNE. (26 de marzo de 2001). Envases y embalajes. Requisitos de los envases y embalajes valorizables mediante compostaje y biodegradación. Programa de ensayo y criterios de evaluación para la aceptación final del envase o embalaje. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tunorma/norma?c=N0024465>
- ASTM. (2022). *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*. <https://www.astm.org/d0638-14.html>
- ASTM. (2021). *Standard Test Method for Rubber Property—Durometer Hardness*. <https://store.astm.org/d2240-15r21.html>
- Babalola, O., & Olorunnisola, A. (2019). Evaluation of Coconut (*Cocos nucifera*) Husk Fibre as a Potential Reinforcing Material for Bioplastic Production. *Materials Research Proceedings*, 11, 195-200. doi:<https://doi.org/10.21741/9781644900178-14>
- Brios, J., Narciso, K., Villalobos, B., Mancha, V., Ramírez, J., Solis, M., & Gomero, N. (2023). Utilización de la fibra de la cáscara de coco (*Cocos nucifera*) para la fabricación de empaques ecológicos. *International Multi-Conference for*

- Engineering, Education, and Technology*, 1-7. doi:
<https://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2023.1.1.1098>
- Buteler, M. (2019). ¿Qué es la contaminación por plástico y por qué nos afecta a todos? *Desde la Patagonia. Difundiendo Saberes*, 16(28), 56-60.
<http://hdl.handle.net/11336/109678>
- Caiza, A. (2021). *Obtención de una biopelícula a partir del pericarpio de maracuyá (Passiflora edulis f. flavicarpa) y plátano verde (Musa paradisiaca) para el recubrimiento de alimentos* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. doi:<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16796>
- Calderón, E., & Ortega, A. (2019). Fabricación de material biodegradable a base de polímeros termoplásticos combinados con fibras cortas de lino. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 7(1), 32-38.
doi:<https://doi.org/10.29166/revfig.v1i1.1402>
- Campos, J., Acosta, K., Moreno, C., & Paucar, L. (2023). Maracuyá (*Passiflora edulis*): Composición nutricional, compuestos bioactivos, aprovechamiento de subproductos, biocontrol y fertilización orgánica en el cultivo. *Scientia Agropecuaria*, 14(4), 479-497.
doi:<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.040>
- Clamont, G., Madera, T., Fernández, M., & Santos, R. (2021). Prospectiva de la producción de coco en Yucatán, México. *región y sociedad*, 33(1), 1-32.
doi:<https://doi.org/10.22198/rys2021/33/1467>
- De la Mora, T., González, A., Rosendo, G., & Martínez, J. (2024). Simulación de ensayo de dureza Brinell para Ti6Al4V empleando métodos numéricos. *Pädi Boletín Científico De Ciencias Básicas E Ingenierías Del ICBI*, 12(Especial), 75-79. doi:<https://doi.org/10.29057/icbi.v12iEspecial.12112>
- Escribano, V. (2020). *Desarrollo y caracterización de un Bioplastico a partir de cáscara de maracuyá (Passiflora edulis)* [Tesis de grado, Universidad Señor de Sipán]. doi:<https://hdl.handle.net/20.500.12802/7450>
- Estrada, A., Díaz, R., Acuña, P., & Castañeda, A. (2023). Revisión: Bionanocompuestos a partir de fuentes renovables reforzado con nanocristales de celulosa y nanopartículas. *Afinidad*, 80(599), 193-202.
doi:<https://doi.org/10.55815/417970>

- García, A., & García, G. (2021). Extracto hidroalcohólico de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) como indicador en titulación ácido base de alimentos. *Acta Universitaria*, 31, 1-11. doi:<https://doi.org/10.15174/au.2021.3188>
- García, C. (2021). *Estudio y caracterización de elastómeros resistivos para su aplicación a un guante sensorizado inteligente* [Tesis de grado, Universidad de Valladolid]. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/48755>
- García, J. (2019). *Caracterización de las propiedades mecánicas (TRACCIÓN, CHARPY Y METALOGRAFÍAS) de las varillas para la construcción con recubrimiento de hormigón frente a alteraciones térmicas controladas* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/29775>
- Giraldelli, M., Pereira, O., dos Santos, S., Brasil, M., & Pinheiro, S. (2020). Propriedade da Fibra de Coco: Uma Revisão Sistemática. *UNICIÊNCIAS*, 24(1), 34-38. doi:<https://doi.org/10.17921/1415-5141.2020v24n1p34-38>
- González, N. (2022). La fruta de la pasión. El maracuyá: del Meta para Colombia y el mundo. *Episteme. Revista de divulgación en estudios sociterritoriales*, 14(1), 73-79. doi:<https://doi.org/10.15332/27113833.8341>
- Haro, J., Fonseca, G., & Zamora, P. (2020). Caracterización y Tipificación De La Cadena Agroproductiva Del Cultivo De Maracuyá (*Passiflora edulis* L) Pedernales, Manabí, Ecuador. *KnE Engineering*, 5(2), 697–716. doi:<https://doi.org/10.18502/keg.v5i2.6292>
- Jaramillo, T. (2019). *Mejora de la productividad en la fabricación de envases plásticos para alimentos en la Empresa Plásticos ABC ubicada en la ciudad de Quito* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/19268>
- Jaso, M. (2020). El surgimiento de los bioplásticos: Un estudio de nichos tecnológicos. *Acta universitaria*, 30, 1-24. doi:<https://doi.org/10.15174/au.2020.2654>
- León, V. (2024). *Elaboración y evaluación de un biocomposito a base de polisuccinimida en diversos grados de hidrofiliidad* [Tesis de grado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. doi:<https://repositorio.uaaan.mx/xmlui/handle/123456789/49820>
- Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria. (5 de mayo de 2009). *Suplemento del Registro Oficial No. 583*. Asamblea Nacional del Ecuador.

- <https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2019-04/LEY%20ORG%C3%81NICA%20DEL%20R%C3%89GIMEN%20DE%20LA%20SOBERAN%C3%8DA%20ALIMENTARIA%20-%20LORSA.pdf>
- Ley Orgánica para la Racionalización, Reutilización y Reducción de Plásticos de un solo Uso. (21 de diciembre de 2020). *Tercer Suplemento – Registro Oficial* N° 354. Asamblea Nacional del Ecuador. <https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/02/1.-Ley-de-plasticos-R.Oficial.-21.12.2020-Comprimido.pdf>
- Linares, A., Corzo, L., Bautista, E., & Gómez, Y. (2021). Elaboración de un envase primario para alimentos a partir de residuos de maíz y piñón mexicano. *TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 24, 1-15. doi:<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2021.365>
- López, J., Pomaquero, J., & López, J. (2020). Análisis de la contaminación ambiental por plásticos en la ciudad de Riobamba. *Polo del Conocimiento*, 5(12), 725-742. doi:10.23857/pc.v5i12.2139
- López, M. (2018). *Diseño del proceso industrial para la obtención de alcohol a partir de Eugenia Stipitata* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8658>
- López, Y., Mefleh, H., & Puerchambud, S. (2022). Obtención de pectina a partir de la cáscara de maracuyá, fuente para la elaboración de plástico biodegradable. *Boletín Informativo CEI*, 9(1), 107–110. <https://revistas.umariana.edu.co/index.php/BoletinInformativoCEI/article/view/3018>
- Maceda, A., Hernández, M., Peña, C., Trejo, C., & Terrazas, T. (2021). Lignina: composición, síntesis y evolución. *Madera y bosques*, 27(2), 1-16. doi:<https://doi.org/10.21829/myb.2021.2722137>
- Macías, E., Anchundia, O., García, S., García, G., & Giler, S. (2023). Obtención y caracterización de un bioplástico a base de cáscara de coco y papaya. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, 6(12), 79-92. doi:<https://doi.org/10.46296/ig.v6i12.0105>
- Mariscal, Z., Esparza, A., & Coello, E. (2023). Contaminación ambiental por desechos plásticos en la ciudad de Babahoyo, Ecuador. *Estudios Del Desarrollo Social: Cuba Y América Latina*, 11(2), 43-51. <https://revistas.uh.cu/revflacso/article/view/7307>

- Meléndez, K., Güiza, D., & Acosta, J. (2022). *Evaluación a través de un análisis bibliográfico del posible reúso del plástico termoestable en la industria* [Tesis de grado, Universidad Cooperativa de Colombia]. <https://hdl.handle.net/20.500.12494/46645>
- Mercado, S., & Collazos, J. (2022). Contexto del impacto ambiental generado por la agroindustria en el Perú. *Innova Biology Sciences*, 2(3), 13–22. doi:<https://doi.org/10.58720/ibs.v2i3.50>
- Navarrete, C., Mezones, J., Ponce, W., Brito, B., Viera, W., Córdova, A., & Riera, M. (2023). Obtención y caracterización de bioplásticos a partir de almidón acetilado de semillas de aguacate. *Avances en Química*, 18(1), 29-38.<http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/avancesenquimica/article/view/18923>
- Noor, A., Afriani, F., Puriza, Y., & Tiandho, Y. (2020). Bio-packaging based on a composite of paper waste and coconut fiber. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 599, 1-4. doi:10.1088/1755-1315/599/1/012051
- Pinto, J., Rocha, T., & Duarte, A. (2020). *Los impactos ambientales del uso de plásticos y microplásticos, los residuos y la contaminación: medidas nacionales y de la UE*. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2020/658279/IPOL_STU\(2020\)658279\(SUM01\)_ES.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2020/658279/IPOL_STU(2020)658279(SUM01)_ES.pdf)
- Posada, D., Forero, L., & Deaquiz, Y. (2025). Efecto de un empaque biodegradable en las propiedades fisicoquímicas en poscosecha de la manzana cultivar 'Anna'. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 28(2), 1-9. doi:<https://doi.org/10.31910/rudca.v28.n2.2025.2507>
- Pulido, J., Poveda, L., & Martínez, A. (2023). *Propuesta de diseño de planta para la elaboración de esponjilla a base de fibra de coco* [Tesis de grado, Universidad EAN]. <http://hdl.handle.net/10882/13404>
- Rapisarda, M., Patané, C., Pellegrino, A., Malvuccio, A., Rizzo, V., Muratore, G., & Rizzarelli, P. (2020). Compostable Polylactide and Cellulose Based Packaging for Fresh-Cut Cherry Tomatoes: Performance Evaluation and Influence of Sterilization Treatment. *Materials*, 13(15), 1-18. doi:<https://doi.org/10.3390/ma13153432>

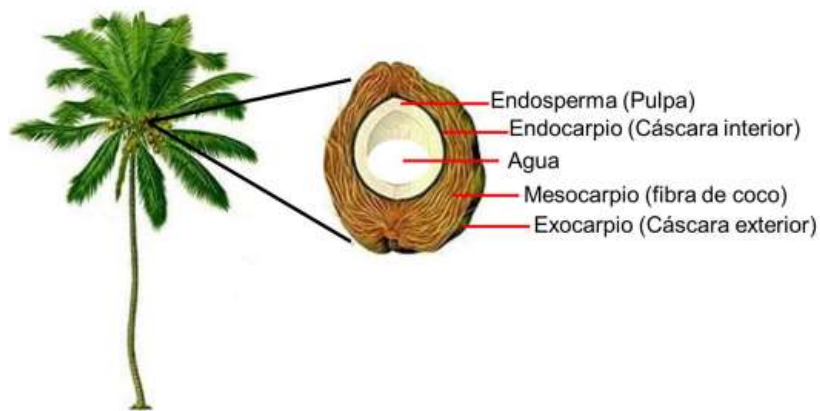
- Riera, M., Maldonado, S., & Palma, R. (2018). Residuos agroindustriales generados en Ecuador para la elaboración de bioplásticos. *Revista Ingeniería Industrial*, 17(3), 227-247. doi:<https://doi.org/10.22320/S07179103/2018.13>
- Rivas, J., Gracia, M., & Gómez, J. (2023). Los plásticos y el daño a la salud de los seres vivos y a los ecosistemas. *Biocenosis*, 34(1), 93-103. doi:<https://doi.org/10.22458/rb.v34i1.4828>
- Romero, V., Rosado, G., Sablón, N., & Burbano, L. (2020). Análisis de la cadena agroalimentaria del coco (*Cocos nucífera*) en la provincia de Manabí, Ecuador. *La Técnica: Revista de las Agrociencias*, 10(2), 43-72. doi:https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i24.2345
- Suárez, G., Sánchez, S., Lazaro, A., & Rodríguez, U. (2022). Conceptos de Biocatálisis de la lignocelulosa desde un enfoque de Ingeniería De Procesos y Sistemas: Una Revisión. *Perfiles*, 1(28), 36-49. doi:<https://doi.org/10.47187/perf.v1i28.179>
- Samir, A., Ashour, F., Hakim, A., & Bassyouni, M. (2022). Recent advances in biodegradable polymers for sustainable applications. *Npj materials degradation*, 6(68), 1-28. doi:<https://doi.org/10.1038/s41529-022-00277-7>
- San Andrés, G., Aguilar, S., & Graziella, B. (2023). Morphological, physical, and chemical characterization of coconut residues in Ecuador. *Heliyon*, 9(9), 1-9. doi:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19267>
- Sernaqué, F., Huamán, L., Pecho, H., & Chacón, M. (2020). Biodegradabilidad de los bioplásticos elaborados a partir de cáscaras de (*Mangifera indica*) y (*Musa paradisiaca*). *Centro Agrícola*, 47(4), 22-31. <http://cagricola.uclv.edu.cu/index.php/es/volumen-47-2020/no-4-oct-dic-2020/1247-biodegradabilidad-de-los-bioplasticos-elaborados-a-partir-de-cascaras-de-mangifera-indica-y-musa-paradisiaca>
- Solórzano, J., Vargas, M., Ponce, W., Rosero, E., & Riera, M. (2023). Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de la tusa de maíz (*Zea mays*). *Publicaciones en Ciencia y Tecnología*, 17(1), 19-31. doi:<https://doi.org/10.5281/zenodo.10155718>
- United States Department of Agriculture (USDA). (2019). *Nuts, coconut meat, raw*. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170169/nutrients>
- United States Department of Agriculture (USDA). (2020). *Passion fruit, raw*. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/1102676/nutrients>

- Vaca, M., González, M., & Vaca, P. (2021). Caracterización de las Propiedades Físicas del Residuo de Fibra de Coco con Vista a su Aprovechamiento Agroindustrial. *ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M.*, 1(1), 339–354. doi:<https://doi.org/10.18502/epoch.v1i1.9569>
- Valverde, J., Gutiérrez, D., Guapisaca, Á., & Villafuerte, M. (2022). Estudio del uso del coco en la gastronomía tradicional esmeraldeña aplicado en cinco recetas ecuatorianas. *ALFA. Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias*, 6(17), 270-281. doi:<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v6i17.167>

ANEXOS

Anexo N°1.

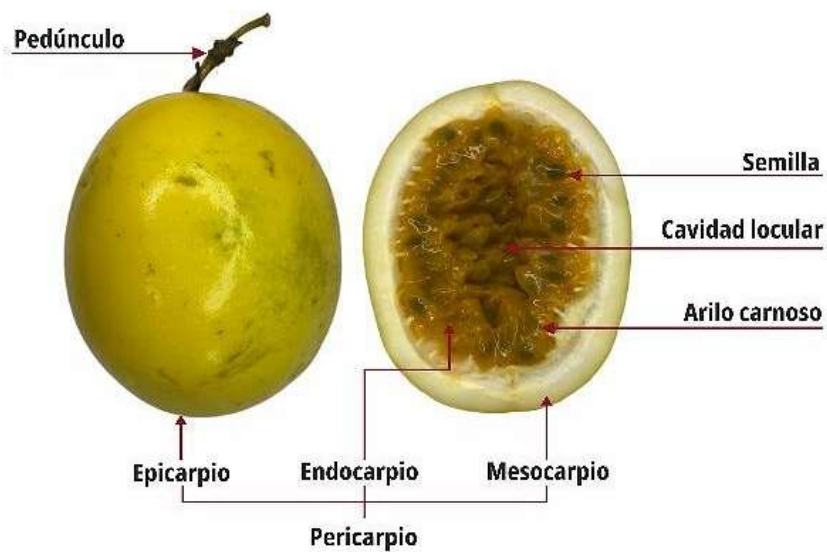
Figura de las partes del coco



Fuente: Valencia, Yáñez y Castro, 2021

Anexo N°2.

Figura de las partes del maracuyá



Fuente: Campos, Acosta, Moreno, y Paucar, 2023

Anexo N°3.

Resultados de ANOVA Grados Brix en uvas

ANOVA - Grados Brix Uva

Case	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Tratamientos	2.940	2	1.470	4.546	0.033
Residual	1.940	8	0.223		

Note: Suma de Cuadrados Tipo III

Descriptivos

Descriptivos - Grados Brix Uva

Tratamientos	N	Media	DT	ET	Coefficiente de variación
T0	3	15.100	0.794	0.458	0.053
TC	3	14.880	0.388	0.288	0.079
TE	3	13.800	0.398	0.173	0.023

Contrastes Post-hoc

Estándar (LSD)

Comparaciones Post-hoc - Tratamientos

		IC del 95% para la Diferencia de Medias					
Diferencia de Medias		Inferior	Superior	ET	t	Prueba	
T0	TC	1.100	-0.325	2.525	0.464	2.369	0.121
	TE	1.300	-0.125	2.725	0.464	2.600	0.079
TC	TE	0.200	-1.225	1.625	0.464	0.431	0.904

Note: Valor p e intervalos de confianza ajustados para comparar una familia de estimaciones de 3 (intervalos de confianza corregidos mediante el método Tukey).

Letter-Based Grouping - Tratamientos

Tratamientos	Letter
T0	a
TC	a
TE	a

Note: If two or more means share the same grouping symbol, then we cannot show them to be different, but we also did not show them to be the same.

Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°4.

Resultados de ANOVA Grados Brix en manzanas

ANOVA - Grados Brix Manzana

Case	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Tratamientos	5.976	2	2.988	2.039	0.211
Residual	8.793	8	1.099		

Note: Suma de Cuadrados Tipo III

Descriptivos

Descriptivos - Grados Brix Manzana

Tratamientos	N	Media	DT	ET	Coefficiente de variación
T0	5	10.000	1.323	0.764	0.132
TC	2	11.633	1.607	0.928	0.136
TE	3	10.233	0.252	0.145	0.025

Contrastes Post-hoc

Estándar (LSD)

Comparaciones Post-hoc - Tratamientos

		IC del 95% para la Diferencia de Medias			ET	t	Prueba
Diferencia de Medias		Inferior	Superior				
T0	TC	-1.833	-4.866	1.200	0.966	-1.855	0.231
	TE	-0.233	-3.266	2.800	0.966	-0.236	0.970
TC	TE	1.600	-1.433	4.633	0.966	1.610	0.309

Note: Valor p e intervalos de confianza ajustados para comparar una familia de estimaciones de 3 (intervalos de confianza corregidos mediante el método Tukey).

Letter-Based Grouping - Tratamientos

Tratamientos	Letter
T0	a
TC	a
TE	a

Note: If two or more means share the same grouping symbol, then we cannot show them to be different, but we also did not show them to be the same.

Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°5.

Resultados de ANOVA Grados Brix en peras

ANOVA - Grados Brix Pera

Cases	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Tratamientos	2.722	2	1.361	2.942	0.011
Residual	4.060	6	0.677		

Note: Suma de Cuadrados Tipo II

Descriptivos

Descriptivos - Grados Brix Pera

Tratamientos	N	Media	DT	ET	Coefficiente de variación
TE	3	11.833	1.258	0.726	0.106
TC	3	12.987	0.209	0.167	0.023
TS	3	13.187	0.577	0.333	0.048

Contrastes Post-hoc

Estándar (LSD)

Comparaciones Post-hoc - Tratamientos

		IC del 95% para la Diferencia de Medias				
		Diferencia de Medias	Inferior	Superior	ET	t
TS	TC	-0.833	-1.079	1.212	0.667	-1.259
TC	TE	-1.333	-1.379	0.712	0.667	-2.000
TC	TS	-0.500	-1.548	1.548	0.667	-0.750

Note: Ver los intervalos de confianza ajustados para comparar una familia de estimaciones de 3 intervalos de confianza corregidos mediante el método Tukey.

Letter-Based Grouping - Tratamientos

Tratamientos	Letter
TS	a
TC	b
TE	a

Note: If two or more means share the same grouping symbol, then we cannot show them to be different, but we also did not show them to be the same.

Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°6.

Resultados de ANOVA pH en uvas

ANOVA - pH en uva

Cases	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Tratamientos	0.014	2	0.007	17.158	0.000
Residual	0.003	6	4.322 $\times 10^{-4}$		

Note: Suma de Cuadrados Tipo II

Descriptivos

Descriptivos - pH en uva

Tratamientos	N	Media	DT	ET	Coefficiente de variación
TS	3	3.857	0.031	0.018	0.006
TE	3	3.950	0.018	0.006	0.003
TC	3	3.877	0.019	0.009	0.004

Contrastes Post-hoc

Estándar (LSD)

Comparaciones Post-hoc - Tratamientos

		IC del 95% para la Diferencia de Medias				
		Diferencia de Medias	Inferior	Superior	ET	t
TS	TE	-0.093	-0.148	-0.042	0.017	-0.563
TC	TE	-0.026	-0.071	0.031	0.017	-1.192
TS	TC	0.073	0.022	0.125	0.017	4.379

*p = 0.011, **p = 0.000

Note: Ver los intervalos de confianza ajustados para comparar una familia de estimaciones de 3 intervalos de confianza corregidos mediante el método Tukey.

Letter-Based Grouping - Tratamientos

Tratamientos	Letter
TS	a
TE	b
TC	a

Note: If two or more means share the same grouping symbol, then we cannot show them to be different, but we also did not show them to be the same.

Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°7.

Resultados de ANOVA pH en manzanas

ANOVA - pH en manzana

Cases	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Tratamientos	0.065	2	0.032	88.636	< .001
Residual	0.002	6	3.697e-05		

Nota: Suma de Cuadrados Tipo III

Descriptivos

Descriptivos - pH en manzana

Tratamientos	N	Media	DT	ET	Coefficiente de variación
TD	3	4.143	0.025	0.015	0.006
TE	3	3.993	0.015	0.009	0.004
TC	3	3.943	0.015	0.009	0.004

Contrastes Post-hoc

Estándar (LSD)

Comparaciones Post-hoc - Tratamientos

		IC del 95% para la Diferencia de Medias		ET	t	Prueba
Diferencia de Medias		Inferior	Superior			
TD	TE	0.150	0.102	0.190	0.016	0.594
TD	TC	0.200	0.152	0.246	0.016	12.792
TE	TC	0.050	0.002	0.096	0.016	3.188

* p < .05. *** p < .001

Nota: Valor p e intervalos de confianza ajustados para comparar una familia de estimaciones de 3 (intervalos de confianza corregidos mediante el método Tukey)

Letter-Based Grouping - Tratamientos

Tratamientos	Letter
TD	c
TE	b
TC	a

Note: If two or more means share the same grouping symbol, then we cannot show them to be different, but we also did not show them to be the same.

Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°8.

Resultados de ANOVA pH en peras

ANOVA - pH en pera

Cases	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Tratamientos	0.138	2	0.069	105.395	< .001
Residual	0.004	6	6.556e-05		

Nota: Suma de Cuadrados Tipo III

Descriptivos

Descriptivos - pH en pera

Tratamientos	N	Media	DT	ET	Coefficiente de variación
TD	3	4.487	0.021	0.012	0.005
TE	3	4.295	0.005	0.020	0.000
TC	3	4.200	0.017	0.010	0.004

Contrastes Post-hoc

Estándar (LSD)

Comparaciones Post-hoc - Tratamientos

		IC del 95% para la Diferencia de Medias		ET	t	Prueba
Diferencia de Medias		Inferior	Superior			
TD	TE	0.203	0.139	0.267	0.021	0.726
TD	TC	0.287	0.233	0.361	0.021	14.891
TE	TC	0.093	0.029	0.157	0.021	4.485

* p < .05. *** p < .001

Nota: Valor p e intervalos de confianza ajustados para comparar una familia de estimaciones de 3 (intervalos de confianza corregidos mediante el método Tukey)

Letter-Based Grouping - Tratamientos

Tratamientos	Letter
TD	c
TE	b
TC	a

Note: If two or more means share the same grouping symbol, then we cannot show them to be different, but we also did not show them to be the same.

Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°9.

Resultados de ANOVA acidez titulable en uvas

ANOVA - Acidez titulable en uva

Case	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Tratamientos	0.084	2	0.042	40.352	< .001
Residual	0.907	6	0.151		

Note: Suma de Cuadrados Tipo III

Descriptivos

Descriptivos - Acidez titulable en uva

Tratamientos	N	Media	DT	ET	Coefficiente de variación
TD	3	0.427	0.025	0.018	0.059
TE	3	0.413	0.040	0.023	0.068
TC	3	0.637	0.036	0.029	0.065

Contrastes Post-hoc

Estándar (LSD)

Comparaciones Post-hoc - Tratamientos

	Diferencia de Medias	ET	t	P _{Tukey}
TD - TE	0.013	0.028	0.478	0.634
TD - TC	-0.210	0.028	-7.538	< .001
TE - TC	-0.223	0.028	-8.006	< .001

Note: Valor p ajustado para comparar una familia de 3

Letter-Based Grouping - Tratamientos

Tratamientos	Letter
TD	a
TE	a
TC	b

Note: If two or more means share the same grouping symbol, then we cannot show them to be different, but we also did not show them to be the same.

Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°10.

Resultados de ANOVA acidez titulable en manzanas

ANOVA - Acidez titulable en manzana

Case	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Tratamientos	0.006	2	0.003	21.333	0.002
Residual	0.000+10 ⁻⁴	6	1.333+10 ⁻⁴		

Note: Suma de Cuadrados Tipo III

Descriptivos

Descriptivos - Acidez titulable en manzana

Tratamientos	N	Media	DT	ET	Coefficiente de variación
TD	3	0.267	0.012	0.007	0.043
TE	3	0.267	0.012	0.007	0.043
TC	3	0.213	0.012	0.007	0.064

Contrastes Post-hoc

Estándar (LSD)

Comparaciones Post-hoc - Tratamientos

	Diferencia de Medias	ET	t	P _{Tukey}
TD - TE	-4.887+10 ⁻¹⁰	0.009	-5.152+10 ⁻¹⁰	1.000
TD - TC	0.053	0.009	5.667	0.003
TE - TC	0.053	0.009	5.667	0.003

Note: Valor p ajustado para comparar una familia de 3

Letter-Based Grouping - Tratamientos

Tratamientos	Letter
TD	b
TE	b
TC	a

Note: If two or more means share the same grouping symbol, then we cannot show them to be different, but we also did not show them to be the same.

Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°11.

Resultados de ANOVA acidez titulable en peras

ANOVA - Acidez titulable en pera ▼

Cases	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Tratamientos	0.001	2	5.444×10^{-4}	2.138	0.200
Residual	0.002	8	2.556×10^{-4}		

Note: Suma de Cuadrados Tipo III

Descriptivos

Descriptivos - Acidez titulable en pera

Tratamientos	N	Media	DT	ET	Coefficiente de variación
T0	3	0.263	0.015	0.008	0.058
TE	3	0.240	0.008	0.000	0.000
TC	3	0.263	0.023	0.013	0.088

Contrastes Post-hoc

Estándar (LSD)

Comparaciones Post-hoc - Tratamientos

		Diferencia de Medias	ET	t	P _{Tukey}
T0	TE	0.023	0.013	1.788	0.252
	TC	8.674×10^{-16}	0.013	6.645×10^{16}	1.000
TE	TC	-0.023	0.013	-1.788	0.252

Note: Valor p ajustado para comparar una familia de 3

Letter-Based Grouping - Tratamientos

Tratamientos	Letter
T0	a
TE	a
TC	a

Note: If two or more means share the same grouping symbol, then we cannot show them to be different, but we also did not show them to be the same.

Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°12.

Resultados de ANOVA de carga máxima (kN)

ANOVA - Carga máxima (kN) ▼

Cases	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Tratamiento	0.001	2	5.276×10^{-4}	3.375	0.004
Residual	0.004	21	1.959×10^{-4}		

Note: Suma de Cuadrados Tipo III

Descriptivos

Descriptivos - Carga máxima (kN)

Tratamiento	N	Media	DT	ET	Coefficiente de variación
T1	8	0.038	0.013	0.005	0.348
T2	8	0.031	0.014	0.005	0.448
T3	8	0.021	0.014	0.005	0.672

Contrastes Post-hoc

Estándar (LSD)

Comparaciones Post-hoc - Tratamiento

		IC del 95% para la Diferencia de Medias		ET	t	P _{Tukey}	
Diferencia de Medias		Inferior	Superior				
T1	T2	0.007	-0.010	0.024	0.007	1.611	0.078
	T3	0.016	3.838×10^{-4}	0.038	0.007	2.579	0.048
T2	T3	0.011	-0.007	0.028	0.007	1.967	0.263

Note: Valor p e intervalo de confianza ajustados para comparar una familia de estimaciones de 3 intervalos de confianza conseguidos mediante el método Tukey.

Letter-Based Grouping - Tratamientos

Tratamientos	Letter
T1	a
T2	ab
T3	a

Note: If two or more means share the same grouping symbol, then we cannot show them to be different, but we also did not show them to be the same.

Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°13.

Resultados de ANOVA de esfuerzo máximo (MPa)

ANOVA - Esfuerzo máximo (MPa)

Case	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Treatmento	7.277	2	3.638	3.256	0.050
Residual	23.869	21	1.136		

Nota: Suma de Cuadrados Tipo II

Descriptivos

Descriptivos - Esfuerzo máximo (MPa)

Treatmento	N	Media	DT	ET	Coefficiente de variación
T1	8	2.441	0.305	0.308	0.354
T2	8	2.544	1.294	0.454	0.595
T3	8	1.326	0.975	0.346	0.737

Contrastes Post-hoc

Estándar (LSD)

Comparaciones Post-hoc - Treatmento

IC del 95% para la Diferencia de Medias							
Diferencia de Medias		Inferior	Superior	ET	t	P _{Tukey}	
T1	T2	-0.103	-1.435	1.230	0.529	-0.194	0.979
	T3	1.113	-0.219	2.446	0.529	2.196	0.113
T2	T3	1.216	-0.116	2.540	0.529	2.300	0.078

Nota: Ver el t e intervalos de confianza ajustados para comparar una familia de estimaciones de 3 (intervalos de confianza corregidos mediante el método Tukey).

Letter-Based Grouping - Treatmento

Treatmento	Letter
T1	a
T2	a
T3	b

Nota: If two or more means share the same grouping symbol, then we cannot show them to be different, but we also did not show them to be the same.

Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°14.

Resultados de ANOVA de elongación (%)

ANOVA - Elongación (%)

Case	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Treatmento	34.334	2	17.167	4.934	0.033
Residual	89.374	21	4.256		

Nota: Suma de Cuadrados Tipo III

Descriptivos

Descriptivos - Elongación (%)

Treatmento	N	Media	DT	ET	Coefficiente de variación
T1	8	3.380	1.661	0.500	0.472
T2	8	6.229	1.661	0.602	0.216
T3	8	4.162	3.522	0.892	0.693

Contrastes Post-hoc

Estándar (LSD)

Comparaciones Post-hoc - Treatmento

IC del 95% para la Diferencia de Medias							
Diferencia de Medias		Inferior	Superior	ET	t	P _{valor}	
T1	T2	-2.639	-0.438	-0.239	1.031	-2.752	0.031
	T3	-0.792	-3.362	1.898	1.031	-0.768	0.726
T2	T3	2.047	-0.553	4.647	1.031	1.984	0.141

Nota: Ver el t e intervalos de confianza ajustados para comparar una familia de estimaciones de 3 (intervalos de confianza corregidos mediante el método Tukey).

Letter-Based Grouping - Treatmento

Treatmento	Letter
T1	a
T2	a
T3	ab

Nota: If two or more means share the same grouping symbol, then we cannot show them to be different, but we also did not show them to be the same.

Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°15.

Resultados de ANOVA de dureza (Shore D)

ANOVA - Dureza (Shore D)

Grupo	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Tratamientos	118.747	2	59.373	17.510	0.003
Residual	29.873	6	5.479		

Nota: Suma de Cuadrados Tipo III

Descriptivos

Descriptivos - Dureza (Shore D)

Tratamiento	N	Media	DT	ET	Coefficiente de variación
T1	3	43.889	3.620	1.744	0.088
T2	3	52.133	1.602	0.578	0.018
T3	3	59.667	0.404	0.233	0.008

Contrastes Post-hoc ▼

Estándar (LSD) ▼

Diferencia de Medias		IC del 95% para la Diferencia de Medias		ET	t	P-Value	
		Inferior	Superior				
T1	T2	-8.253	-12.872	-5.884	1.512	-5.512	0.004
	T3	-9.867	-11.506	-2.228	1.512	-4.942	0.000
T2	T3	1.467	-3.172	6.106	1.512	0.878	0.620

Nota: Valor p e intervalos de confianza ajustados para comparar una familia de estimaciones de 3 intervalos de confianza simultáneos mediante el método Tukey.

Letter-based Grouping - Tratamientos ▼

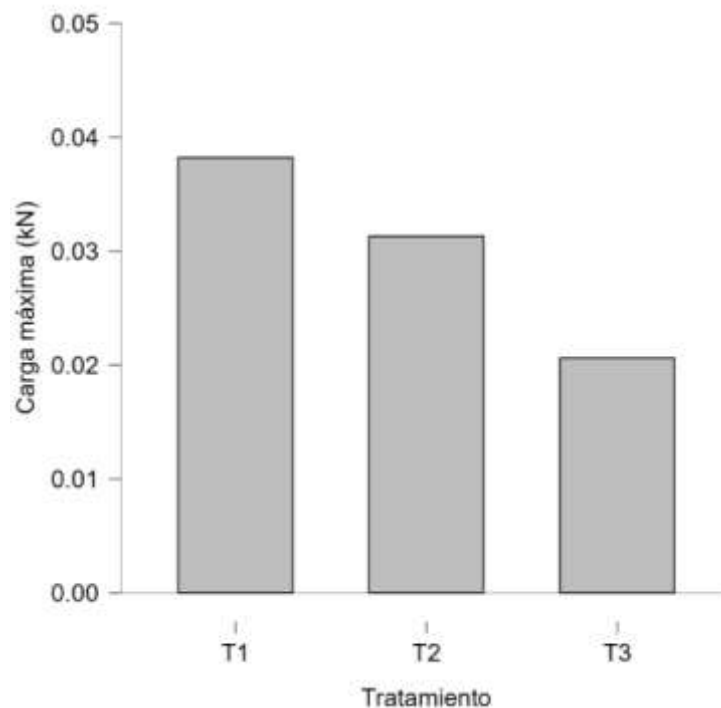
Tratamientos	Letter
T1	a
T2	b
T3	b

Nota: If two or more means share the same grouping symbol, then we cannot show them to be different, but we also do not show them to be the same.

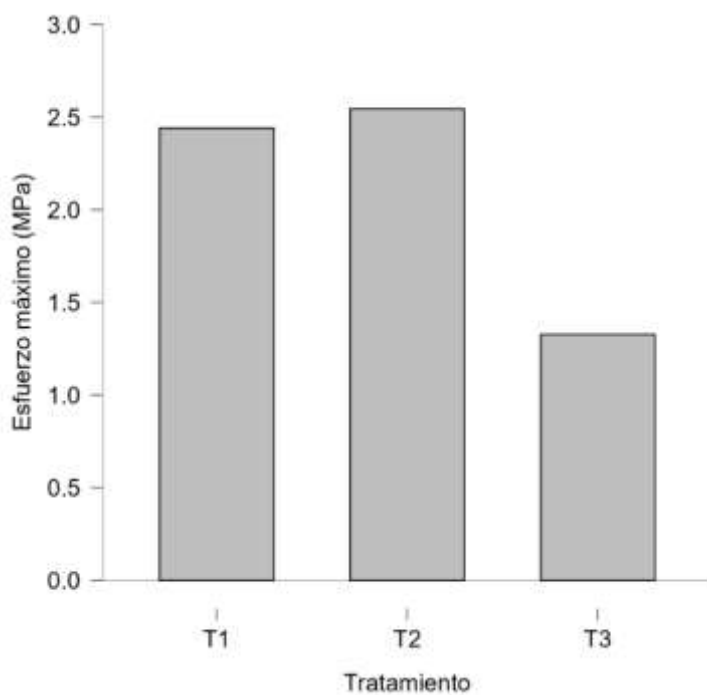
Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°16.

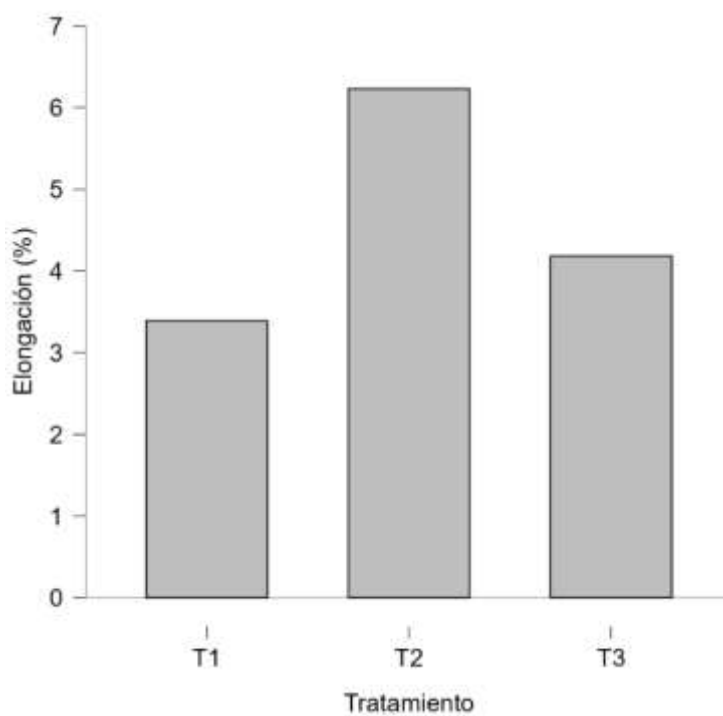
Gráfico de barras de la carga máxima (kN)



Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°17.*Gráfico de barras de esfuerzo máximo (MPa)*

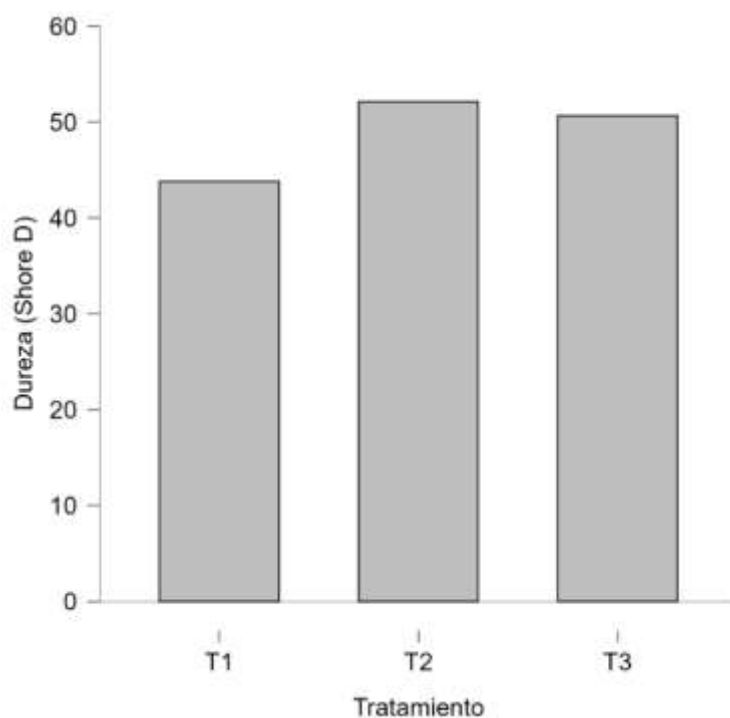
Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°18.*Gráfico de barras de elongación (%)*

Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°19.

Gráfico de barras de dureza (Shore D)



Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°20.

Análisis de dureza a las muestras



Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°21.

Equipo de medición de dureza



Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°22.

Muestras para determinar la resistencia a tracción



Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°23.

Determinación de la resistencia a tracción



Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°24:

Muestras de biodegradación en suelo



Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°25.

Muestras de biodegradación en agua



Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°26.

Muestras de frutas a analizar



Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°27.

Medición de grados Brix a las muestras de frutas



Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°28.

Medición de pH a las muestras de frutas



Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°29.*Medida de acidez titulable en muestras de frutas*

Elaborado por: El Autor, 2026

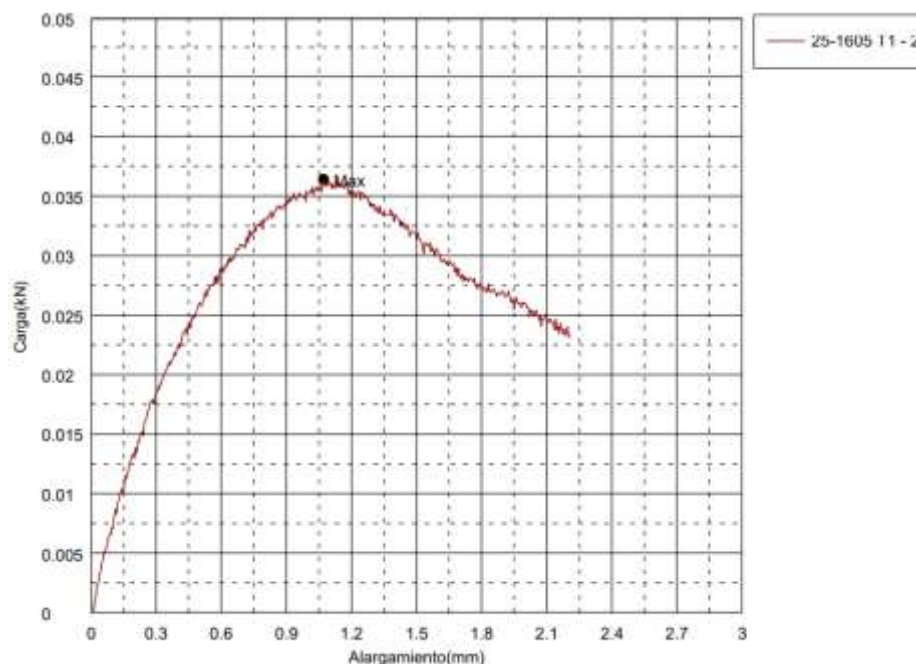
Anexo N°30.*Resultados de resistencia a la tracción del T1*

Fecha : 2025/11/24 **V1 :** 5 mm/min
Operador : O.BORBOR **Temperatura :** 19.9°C / 19.0°C
Humedad : 54.1% / 53.8
Forma: Plana

Unidades	Espesor mm	Anchura mm	Longitud calibrada mm
25-1605 T1 - 1	3.7170	5.0200	60.0000
25-1605 T1 - 2	3.4250	5.2300	60.0000
25-1605 T1 - 3	2.8380	5.7800	60.0000
25-1605 T1 - 4	2.7170	4.7600	60.0000
25-1605 T1 - 5	3.0370	4.6400	60.0000
25-1605 T1 - 6	2.8050	4.6200	60.0000
25-1605 T1 - 7	2.8730	4.9600	60.0000
25-1605 T1 - 8	3.8140	4.8500	60.0000

Nombre	Max._Carga kN	Max._Esfuerzo MPa	Max._Deformacio n %
25-1605 T1 - 1	0.05313	2.84710	5.89417
25-1605 T1 - 2	0.03641	2.03242	1.78500
25-1605 T1 - 3	0.03828	2.33370	2.04250
25-1605 T1 - 4	0.05531	4.27688	2.59500
25-1605 T1 - 5	0.01875	1.33057	3.00000
25-1605 T1 - 6	0.02750	2.12206	4.83333
25-1605 T1 - 7	0.02891	2.02850	4.96750
25-1605 T1 - 8	0.04734	2.55941	2.00250
Media	0.03820	2.44133	3.39000
Desviación Estandar	0.01299	0.86460	1.60105

Elaborado por: El Autor, 2026

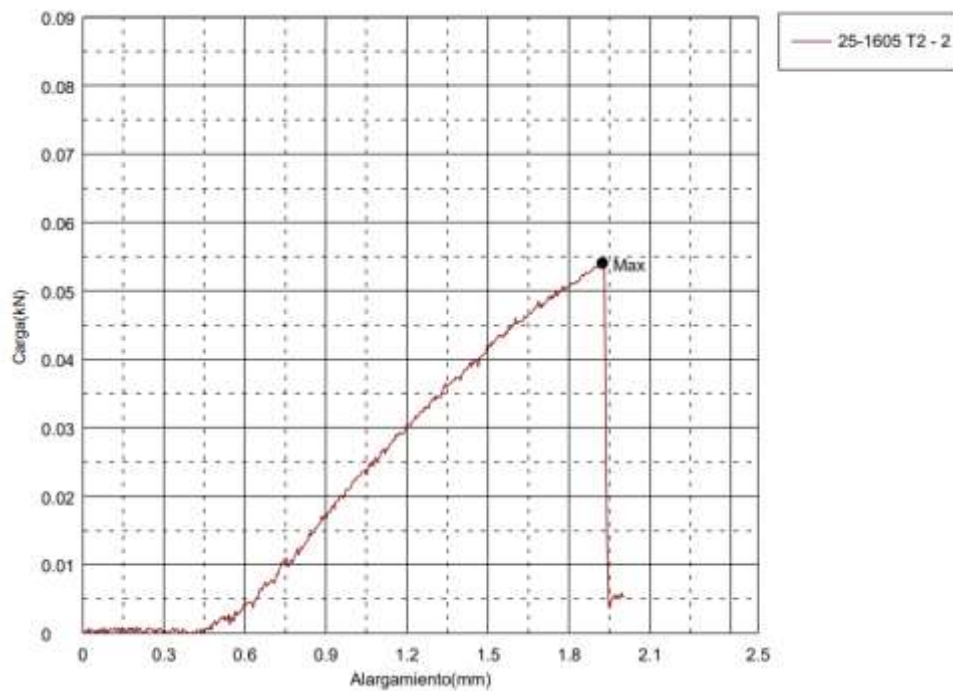
Anexo N°31.*Gráfico de resistencia a la tracción en el T1***Elaborado por: El Autor, 2026****Anexo N°32.***Resultados de resistencia a la tracción del T2*

Fecha : 2025/11/24 **V1 :** 5 mm/min
Operador : O.BORBOR **Temperatura :** 19.6°C 19.0°C
Humedad : 54.5% 52.7%
Forma: Plana

	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidades	mm	mm	mm
25-1605 T2 - 1	2.9640	4.9700	60.0000
25-1605 T2 - 2	3.1370	4.5000	60.0000
25-1605 T2 - 3	2.5890	4.7000	60.0000
25-1605 T2 - 4	3.6020	4.7000	60.0000
25-1605 T2 - 5	3.2150	4.4700	60.0000
25-1605 T2 - 6	2.7040	4.5600	60.0000
25-1605 T2 - 7	2.5530	4.0600	60.0000
25-1605 T2 - 8	0.0166	4.7400	60.0000

Nombre	Max._Carga	Max._Esfuerzo	Max._Deformación
Unidades	kN	MPa	%
25-1605 T2 - 1	0.02344	1.59102	6.36167
25-1605 T2 - 2	0.05406	3.82974	3.20500
25-1605 T2 - 3	0.03000	2.46542	6.92833
25-1605 T2 - 4	0.02969	1.75361	6.25500
25-1605 T2 - 5	0.02031	1.41343	5.65000
25-1605 T2 - 6	0.02000	1.62203	6.31750
25-1605 T2 - 7	0.05219	5.03489	10.1450
25-1605 T2 - 8	0.02078	264.110	4.96833
Media	0.03131	35.2275	6.22885
Desviación Estandar	0.01404	92.4914	1.96103

Elaborado por: El Autor, 2026

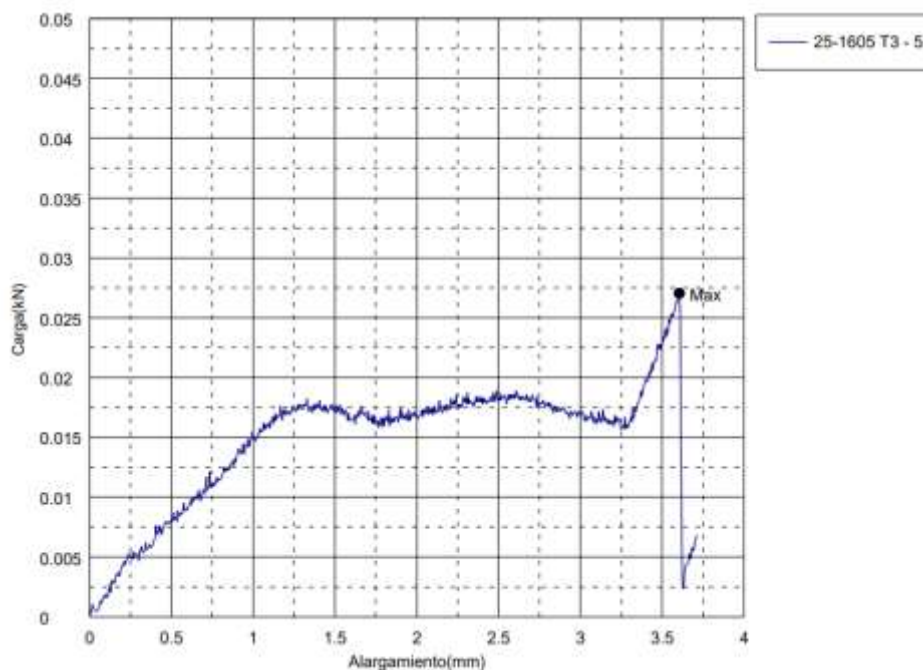
Anexo N°33.*Gráfico de resistencia a la tracción en el T2***Elaborado por: El Autor, 2026****Anexo N°34.***Resultados de resistencia a la tracción del T3*

Fecha : 2025/11/24 **V1 :** 5 mm/min
Operador : O.BORBOR **Temperatura :** 19.6°C 19.0°C
Humedad : 54.5% 52.7%
Forma: Plana

Unidades	Espesor mm	Anchura mm	Longitud calibrada mm
25-1605 T3 - 1	2.5400	5.3400	60.0000
25-1605 T3 - 2	3.2160	5.3300	60.0000
25-1605 T3 - 3	2.9400	5.1400	60.0000
25-1605 T3 - 4	3.3720	4.7500	60.0000
25-1605 T3 - 5	4.1700	5.3400	60.0000
25-1605 T3 - 6	3.1460	4.9400	60.0000
25-1605 T3 - 7	2.7530	5.0600	60.0000
25-1605 T3 - 8	2.8080	4.5300	60.0000

Nombre	Max._Carga	Max._Esfuerzo	Max._Deformación
Unidades	kN	MPa	%
25-1605 T3 - 1	0.04500	3.31770	6.14333
25-1605 T3 - 2	0.01984	1.15766	6.42500
25-1605 T3 - 3	0.01891	1.25111	6.45333
25-1605 T3 - 4	0.00484	0.30241	0.86083
25-1605 T3 - 5	0.02703	1.21392	6.00667
25-1605 T3 - 6	0.03250	2.09121	4.60667
25-1605 T3 - 7	0.00547	0.39258	0.66083
25-1605 T3 - 8	0.01141	0.89670	2.30167
Media	0.02062	1.32791	4.18229
Desviación Estandar	0.01385	0.97850	2.52165

Elaborado por: El Autor, 2026

Anexo N°35.*Gráfico de resistencia a la tracción en el T3***Elaborado por: El Autor, 2026****Anexo N°36.***Resultados de la Dureza de los T1, T2 y T3***Datos Primarios**

Edición
Borrador
Hoja: 1 de 1

Orden de Trabajo: OT-4460-25
Analista: I. Ñacato

Fecha: 2021-11-24
Norma de Ensayo: ASTM D 2240
Equipo utilizado: Durómetro shore

Dureza

Escala o Unidad de Medida:

SHORE D

PATRON	38.8	PATRON		PATRON	
MEDIDAS		MEDIDAS		MEDIDAS	
1	37.3	1		1	
2	37.1	2		2	
3	37.2	3		3	
PROMEDIO	37.2	PROMEDIO		PROMEDIO	
Desviación Estándar	0.1	Desviación Estándar		Desviación Estándar	
Corrección:	-1.6	Corrección:		Corrección:	

MEDICIÓN	25-1405-1	MEDICIÓN	25-1405-2	MEDICIÓN	25-1405-3
1	47	1	52.2	1	50.3
2	41	2	53.1	2	50.6
3	43.4	3	51.1	3	48.6
Promedio	43.8	Promedio	52.1	Promedio	49.8
Desviación Estándar	3.02	Desviación Estándar	1.0	Desviación Estándar	1.1
Valor corregido	45.4	Valor corregido	52.1	Valor corregido	51.4

Condiciones ambientales	Temp. (Max/Min)	20.4°C/ 19.9°C
	Hum. (Max/Min)	54.7%/ 52.5%

I. Ñacato
Técnico de Laboratorio

Elaborado por: El Autor, 2026