



Universidad César Vallejo

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Producción de bioplástico a partir de la mezcla de limoneno de
citrus limon, *citrus sinensis*, *citrus reticulata* en Independencia,
2023.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORAS:

Arcos Farfan, Paola Gloria (orcid.org/0000-0003-3798-7577)

Mena Cruz, Charlenne Zara Jahayra (orcid.org/0000-0002-2033-6930)

ASESOR:

Mg. Bañon Arias, Jonnatan Victor (orcid.org/0000-0002-0996-9593)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2023

DEDICATORIA

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar aun estando en el abismo; por ello, con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico a Dios.

De igual forma, dedico esta tesis a mi madre que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante. Al hombre que me dio la vida el cual, a pesar de no haber estado presente en la mayor parte de mi vida, me dio un techo, me cuidó y protegió con lo que pudo.

Finalmente, a Brando Jara Machuca, que fue mi impulso aún en momentos críticos; a su manera, pero nunca me dejó caer.

MENA CRUZ, Charlenne

Dedico esta tesis a Dios, a mis padres Andrés y Nora porque ellos han sido mi motivo para llegar hasta este ciclo de la Universidad, a pesar de los obstáculos que se me atravesaron en este largo camino, por su esfuerzo para poder apoyarme económicamente, su apoyo incondicional y todo lo que hoy soy es gracias a ellos.

ARCOS FARFÁN, Paola

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la Universidad César Vallejo por habernos aceptado ser parte de ella, para poder estudiar nuestra apreciada carrera de Ingeniería Ambiental, así como también a los diferentes maestros que nos compartieron sus conocimientos y apoyos para seguir adelante.

Agradecemos a nuestro asesor el Ing. Jonnatan Victor, Bañon Arias; por habernos brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así como también habernos tenido mucha paciencia para guiarnos durante el proyecto y desarrollo de nuestra tesis.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, BAÑON ARIAS JONNATAN VICTOR, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis Completa titulada: "Producción de bioplástico a partir de la mezcla de limoneno de citrus limon, citrus sinensis, citrus reticulata en Independencia, 2023.", cuyos autores son MENA CRUZ CHARLENNE ZARA JAHAYRA, ARCOS FARFAN PAOLA GLORIA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis Completa cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 26 de Julio del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
BAÑON ARIAS JONNATAN VICTOR DNI: 43661382 ORCID: 0000-0002-0996-9593	Firmado electrónicamente por: JBANONAR el 26-07- 2023 12:37:16

Código documento Trilce: TRI - 0620990



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, ARCOS FARFAN PAOLA GLORIA, MENA CRUZ CHARLENNE ZARA JAHAYRA estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Producción de bioplástico a partir de la mezcla de limoneno de citrus limon, citrus sinensis, citrus reticulata en Independencia, 2023.", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
MENA CRUZ CHARLENNE ZARA JAHAYRA DNI: 72218443 ORCID: 0000-0002-2033-6930	Firmado electrónicamente por: MENACRUZ el 23-08- 2023 15:54:07
ARCOS FARFAN PAOLA GLORIA DNI: 71435583 ORCID: 0000-0003-3798-7577	Firmado electrónicamente por: PARCOSF el 23-08- 2023 15:01:13

Código documento Trilce: INV - 1368686

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LOS AUTORES	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	12
3.1. Tipo y diseño de investigación	12
3.2. Variables y Operacionalización.....	12
3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis	13
3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos	13
3.5. Procedimientos	16
3.6. Métodos de análisis de datos	28
3.7. Aspectos éticos	29
IV. RESULTADOS	30
V. DISCUSIÓN	51
VI. CONCLUSIONES.....	54
VII. RECOMENDACIONES	55
REFERENCIAS	56
ANEXOS.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Validación de instrumentos	15
Tabla 2. Confiabilidad del instrumento.....	15
Tabla 3. Condiciones de operación de equipo Soxhlet	24
Tabla 4. Mezclas para la producción de bioplásticos.....	25
Tabla 5. Características de los limonenos.....	30
Tabla 6. Peso y espesor de los bioplásticos	30
Tabla 7. Humedad de los bioplásticos	31
Tabla 8. Biodegradación de bioplásticos en agua de río según mezcla	32
Tabla 9. Biodegradación de bioplásticos en agua de mar según mezcla	33
Tabla 10. Biodegradación de bioplásticos en suelo agrícola según mezcla.....	34
Tabla 11. Resistencia a la tracción de bioplásticos según mezcla	35
Tabla 12. Elongación de bioplásticos según mezcla	36
Tabla 13. Prueba de normalidad de la resistencia a la tracción	37
Tabla 14. Anova de resistencia a la tracción según características de limonenos	37
Tabla 15. <i>Prueba de normalidad de la elongación</i>	38
Tabla 16. Anova de elongación según características de limonenos.....	38
Tabla 17. Prueba de normalidad de la biodegradación en agua de río.....	39
Tabla 18. Anova de biodegradación en agua de río según características de limonenos.	39
Tabla 19. Prueba de normalidad de la biodegradación en agua de mar	40
Tabla 20. Anova de biodegradación en agua de mar según características de limonenos	40
Tabla 21. Prueba de normalidad de la biodegradación en suelo agrícola	41
Tabla 22. Anova biodegradación en suelo agrícola según características de limonenos	41
Tabla 23. Prueba de normalidad de las propiedades físicas según mezcla.....	43
Tabla 24. Anova de la biodegradación en agua de río según mezcla.....	43
Tabla 25. Anova de la biodegradación en agua de mar según mezcla.....	44
Tabla 26. Anova de la biodegradación en suelo agrícola según mezcla	44
Tabla 27. Prueba de Post Hoc Tukey de la biodegradación en agua de río	45
Tabla 28. Prueba de Post Hoc Tukey de la biodegradación en agua de mar	45
Tabla 29. Prueba de Post Hoc Tukey de la biodegradación en suelo agrícola.....	45
Tabla 30. Prueba de normalidad de las propiedades mecánicas según mezcla	47
Tabla 31. <i>Anova de la resistencia a la tracción según mezcla</i>	47
Tabla 32. <i>Anova de la elongación según mezcla</i>	48
Tabla 33. <i>Prueba de Post Hoc Tukey de la resistencia a la tracción</i>	48
Tabla 34. <i>Prueba de Post Hoc Tukey de la elongación</i>	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de procesos del estudio	16
Figura 2. Ubicación del Mercado “El Ermitaño”.....	17
Figura 3. Recolección de residuos de los 7 puestos del mercado “El Ermitaño”	18
Figura 4. Lavado de residuos cítricos.....	19
Figura 5. Secado de residuos cítricos a temperatura ambiente.....	19
Figura 6. Secado de residuos en horno especializado.	20
Figura 7. Triturado de los residuos	20
Figura 8. Rotulación de muestras	21
Figura 9. Pesaje cáscaras cítricas pulverizadas.....	21
Figura 10. Caracterización fisicoquímica de los residuos pulverizados.....	22
Figura 12. Introducción de filtrante en el sifón, equipo Soxhlet.	23
Figura 13. Evaporación de hexano en estufa	24
Figura 14. Obtención de limoneno	25
Figura 15. Proceso de producción de las 3 mezclas.....	26
Figura 16. Calentamiento de la mezcla	26
Figura 17. Mezclas en proceso de secado a temperatura ambiente.....	27
Figura 18. Secado de las mezclas en horno.....	27
Figura 19. Bioplásticos obtenidos	28
Figura 20. Humedad de bioplásticos	31
Figura 21. Biodegradación de bioplásticos en agua de río.....	32
Figura 22. Biodegradación de bioplásticos en agua de mar	33
Figura 23. Biodegradación de bioplásticos en suelo agrícola	34
Figura 24. Resistencia a la Tracción de los bioplásticos	35
Figura 25. Elongación de los bioplásticos.....	36

RESUMEN

El amplio consumo de plásticos sintéticos implica elaborar un reemplazo sustentable a este producto, de esta manera el trabajo de investigación tuvo por objetivo producir bioplástico a partir de la mezcla de limoneno de *Citrus limon*, *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata*. Para lo cual, en lo metodológico, se recolectó una muestra de 12kg. de cáscara de naranja, 11 kg. de cáscaras de limón y 9kg. de cáscaras de mandarina. En la obtención de limoneno se realizó procesos de lavado, secado, triturado, pulverizado, elaboración de filtrantes y extracción por equipo Soxhlet, que permitió obtener limonenos de *Citrus limon*, *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata* con temperaturas de 24.8, 24.8 y 25.4 °C; potencial de hidrógeno de 5.34, 5.44 y 4.08 unidades; y densidades de 1.003 g/cm³, 1.007 g/cm³ y 1.015 g/cm³ respectivamente. Los resultados físico-mecánicos indicaron que la mezcla óptima del bioplástico fue la mezcla 3 compuesta por 20 mL. limoneno de limón + 25 mL limoneno de naranja + 30 mL de limoneno de mandarina + 25 mL de glicerina + 10 mL de agua destilada + 15 mL de ácido acético, logrando fuerza de tracción de 31.32 N/cm², elongación de 11.73 % y biodegradación de 41.09% en tres semanas bajo exposición en suelo agrícola. En conclusión, el limoneno extraído de las cáscaras de *Citrus limon*, *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata* es un componente esencial que permite producir bioplástico resistentes, flexibles y biodegradables.

Palabras clave: Limoneno, *Citrus limon*, *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata*, bioplástico

ABSTRACT

The wide consumption of synthetic plastics implies developing a sustainable replacement for this product, in this way the research work aimed to produce bioplastic from the limonene mixture of *Citrus limon*, *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata*. For which, methodologically, a 12kg sample was collected. orange peel, 11 kg. of lemon peels and 9kg. of tangerine peels. In obtaining limonene, processes of washing, drying, crushing, pulverizing, elaboration of filters and extraction by Soxhlet equipment were carried out, which allowed obtaining limonenes from *Citrus limon*, *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata* with temperatures of 24.8, 24.8 and 25.4 °C; hydrogen potential of 5.34, 5.44 and 4.08 units; and densities of 1.003 g/cm³, 1.007 g/cm³ and 1.015 g/cm³ respectively. The physical-mechanical results indicated that the optimal mixture of the bioplastic was mixture 3 composed of 20 mL. lemon limonene + 25 mL orange limonene + 30 mL mandarin limonene + 25 mL glycerin + 10 mL distilled water + 15 mL acetic acid, achieving tensile strength of 31.32 N/cm², elongation of 11.73 % and biodegradation of 41.09% in three weeks under exposure to agricultural soil. In conclusion, the limonene extracted from the peels of *Citrus limon*, *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata* is an essential component that allows the production of resistant, flexible and biodegradable bioplastics.

Keywords: Limonene, *Citrus limon*, *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata*, bioplastic

I. INTRODUCCIÓN

Los plásticos se han desarrollado en mayor volumen en las últimas décadas, debido a sus amplias propiedades que le permite contar con gran versatilidad para ser utilizado en diversos campos (Solarte et al., 2021). La industria plástica en su producción tiene mayor demanda de polímeros del sector petroquímico (Iglesias, 2020). Siendo, el polietileno el polímero químicamente más sencillo de producir y de mayor consumo, registrando más de 65% del consumo mundial (García, 2019).

Los plásticos de polietileno después de su ciclo de vida útil son depositados en medios acuáticos en su gran mayoría, produciendo degradación del 80% del ecosistema por su elevada acumulación en medios acuáticos a largo plazo, trayendo consigo la afectación de 663 especies a nivel mundial (Minchola, 2019).

En el Perú, el uso de plástico al año es aproximadamente 30 kilos por ciudadano (MINAM, 2020) y diariamente se registra 2310 toneladas de residuos plásticos (Diario El peruano, 2022), de los cuales, Lima y Callao es responsable de la generación de 886 toneladas. Además, la inadecuada gestión de los residuos sólidos genera que sólo el 22% de los residuos sean reutilizados (MINAM, 2019).

El amplio consumo de plásticos sintéticos implica elaborar un reemplazo sustentable a este producto, de esta manera surgen los plásticos biodegradables (bioplásticos) que son elaborados a partir del aprovechamiento de residuos orgánicos, que no dañen el medio ambiente y presentan características similares a los plásticos convencionales en parámetros de resistencia y flexibilidad (Barandiaran, 2022).

Por otro lado, el uso de limoneno en los últimos años ha ido en crecimiento, siendo aplicado como plataforma química, y se ha encontrado su mayor potencial empleándose como monómero o aditivo natural que permiten innovadores procesos catalíticos que otorgaran productos plásticos con diferentes propiedades y aplicaciones (Rosenboom, Langer & Traverso, 2022).

Además, el limoneno se encuentra como parte principal de los aceites esenciales que se localizan en la cáscara de los cítricos que suelen ser desechados con frecuencia y en grandes cantidades por parte de los vendedores de mercados (González, et al., 2020).

En ese sentido, el estudio adquiere relevancia porque proporcionó una fuente renovable para la fabricación de plásticos que cuenten con fácil degradación de estos al final de su uso para contrarrestar los problemas provocados por los plásticos tradicionales que contaminan el ambiente al no ser degradados con facilidad, liberar gases tóxicos conforme el avance de los años por ser abandonados frecuentemente en cualquier zona.

En tanto, se formuló el problema general del estudio: ¿Cómo se produce bioplástico a partir de la mezcla de limoneno de *citrus limon*, *citrus sinensis*, *citrus reticulata* en Independencia, 2023?, que constituye el problema general del estudio. Y como problemas específicos: (1) ¿Cuáles son las características de la del limoneno de *citrus limon*, *citrus sinensis*, *citrus reticulata* que permiten la producción de bioplástico en Independencia, 2023?; (2) ¿Cuál es la mezcla óptima de limoneno de *citrus limon*, *citrus sinensis*, *citrus reticulata* según las propiedades físicas del bioplástico en Independencia, 2023?, (3) ¿Cuál es la mezcla óptima de limoneno de *citrus limon*, *citrus sinensis*, *citrus reticulata* según las propiedades mecánicas del bioplástico en Independencia, 2023?

El estudio se justificó a través de aspectos metodológicos, sociales, ambientales y económicos. Desde el aspecto metodológico, se usó el limoneno extraído de la cáscara de limón (*Citrus limon*), naranja (*Citrus sinensis*) y mandarina (*Citrus reticulata*) para producir bioplástico con características similares al plástico sintético, que será caracterizado de forma física y mecánica por parte de un laboratorio acreditado ante el ente rector INACAL. Asimismo, la evaluación de la biodegradación se realizó colocando las muestras en medios de agua dulce, salada y suelo agrícola. En el aspecto social, se otorgó a la sociedad un plástico ecoamigable y de fácil degradación. En el aspecto ambiental, se reemplazó el plástico sintético por bioplástico, lo que permitirá el fortalecimiento de estrategias para el manejo de residuos; además, provocará la minimización del uso de derivados del petróleo. En el aspecto económico, el estudio propuso el aprovechamiento de residuos orgánicos recolectados de los

desechos de mercados, lo que implica que el costo productivo del bioplástico será menor en comparación al plástico sintético.

En el estudio, el objetivo general fue: Producir bioplástico a partir de la mezcla de limoneno de *Citrus limon*, *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata* en Independencia, 2023. De esta finalidad se derivaron los siguientes objetivos específicos: (1) Determinar las características del limoneno de *Citrus limon*, *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata* que permiten la producción de bioplástico en Independencia, 2023; (2) Determinar la mezcla óptima de limoneno de citrus limon, citrus sinensis, citrus reticulata según las propiedades físicas del bioplástico en Independencia, 2023. (3) Determinar la mezcla óptima de limoneno de citrus limon, citrus sinensis, citrus reticulata según las propiedades mecánicas del bioplástico en Independencia, 2023.

Para direccionar el estudio, se planteó la hipótesis general: Se produce bioplástico a partir de la mezcla de limoneno de *Citrus limon*, *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata* en Independencia, 2023; y como hipótesis específicas se propuso: (1) Las características del limoneno de *Citrus limon*, *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata* permiten la producción de bioplástico en Independencia, 2023; (2) La mezcla 3 de limoneno de Citrus limon, Citrus sinensis, Citrus reticulata es óptima para la propiedad física de bioplástico en Independencia, 2023. (3) La mezcla 3 de limoneno de Citrus limon, Citrus sinensis, Citrus reticulata es óptima para la propiedad mecánica de bioplástico en Independencia, 2023.

II. MARCO TEÓRICO

En el estudio se realizó la revisión de diversos estudios relacionados tanto a nivel internacional como nacional, referentes al objetivo de investigación, que proporcionaron sustentos teóricos para la metodología y el desarrollo del estudio, como es el caso de Fehlberg, et al. (2020), determinó que los tamaños de partículas de cáscara de naranja de 75–177 μm sin ralladura con una carga de 0,4 g. mejoran la estabilidad térmica, el color, la dispersión, la resistencia a la tracción, el módulo de elasticidad, y elongación a la rotura, así como reducir la formación de burbujas de aire y los tamaños de aglomerado de cáscara de naranja en compuestos.

Berger, et al. (2020), analizaron a través de un método de decisión de árbol diferentes tamaños de partículas del polvo de cáscara de naranja, diferentes tipos de almidón, diferentes procesos de enfriamiento y deshidratación. El mejor biopolímero se obtuvo con un tamaño de partícula del polvo de cáscara de naranja: 250 micrómetros, fécula de papa y fécula de maíz en una proporción de 0:100, enfriamiento de la mezcla a temperatura ambiente y finalmente la aplicación de un proceso de deshidratación.

Ramos, et al. (2020), evaluaron la influencia de la mezcla de la pectina de la cáscara de naranja como agente de reticulación y el glicerol como agente plastificante. En lo metodológico, las cáscaras cítricas fueron recolectados de una plantación mexicana. La extracción de pectina fue a través de un proceso de hidrólisis ácida, aplicando ácido cítrico al 0,1% y glicerol al 3, 4 y 5%. Los resultados mostraron que el bioplástico al 5% de glicerol presentó mejor flexibilidad. En conclusión, se obtuvo bioplásticos flexibles, libres de poros y compuesto por materiales biodegradables.

Domínguez, et al. (2020), produjeron biopolímeros a partir del uso de residuos cítricos, utilizando 250 μm de cáscara de naranja (22%), glicerol (6.0%) y agua (71.5%). Los mejores bioplásticos se lograron con enfriamiento de la masa plástica tanto a temperatura ambiente como temperaturas heladas a refrigeración y los biopolímeros fueron expuestos secado al sol, manifestando mejores condiciones de flexibilidad, así como bajos niveles de porosidad y absorción, logrando a los 21 días una biodegradabilidad de 63%.

Marsi, et al. (2019), emplearon diferentes porcentajes de cáscara de naranja: 20%, 40%, 60% y 80% que se mezclaron con la resina epoxi y el endurecedor. La concentración de muestras de piel de naranja se expuso a la luz ultravioleta durante 9 horas para el proceso de secado y, finalmente, se aplicó el recubrimiento superhidrofóbico con la técnica de pistola pulverizadora. Los resultados mostraron que la mayor resistencia a la tracción se logró con la concentración del 60% de piel de naranja con 52,26 MPa.

Gallego y Ríos (2020), desarrollaron dos métodos de separación sólido-líquido con el objetivo de obtener el aceite esencial de limoneno empleando cáscaras de naranja (*Citrus x sinensis*) como materia prima. Por lo cual, empleó 128,07 g de cáscaras pequeñas en un matraz volumétrico para ejecutar la destilación por arrastre de vapor y posteriormente se destilaron 44,57 g de cáscaras en un equipo Soxhlet empleando etanol (70% v/v) como solvente orgánico y éter (70% v/v) para las mezclas naranja-mandarina respectivamente. Con este método se extrajo el 70% de limoneno de los residuos.

Orso, et al. (2022), realizaron la extracción de limoneno por mecanismo soxhlet, utilizaron hexano (<98.5%) como solvente en el proceso de extracción sólido-líquido. Los resultados proporcionaron que se logró la obtención de valores superiores al 85% de limoneno. En conclusión, el uso de hexano en el proceso metodológico de extracción de limoneno en el mecanismo soxhlet permite la obtención de mayores niveles de limoneno.

Ozturk, et al. (2019), respaldaron la elección del hexano como el mejor solvente en la obtención de limoneno porque sus resultados experimentales mostraron que fue posible extraer el 86% de limoneno presente en los residuos en corto tiempo. Además, sustentan que finalizado este proceso es posible la recuperación del 68% de hexano utilizado en este proceso de extracción.

Alata, et al. (2019), realizaron procesos de extracción de limoneno por arrastre de vapor, aplicando dosis de 15% de cáscara cítrica y 40% de pectina y glicerina (40%). Logrando resistencia tensión de 5,53 N/mm², elongación de 51,60 % y permeabilidad de 0,0273 g.mm/(h.kPa.m²). En conclusión, la pectina afectó las propiedades del bioplástico por el glicerol contribuyendo al incremento la resistencia a la tensión y reducción de la elongación.

Sessini, et al. (2019), mostró que el éter de poli-limoneno (PLO) de base biológica obtenido tenía un peso molecular bajo y buenas propiedades térmicas.

Los resultados mostraron influencia del limoneno en las propiedades del PLA con la adición de solo el 10 % en peso condujo a la modificación y mejora de las propiedades del PLA en términos de flexibilidad y estabilidad térmica.

Peña, et al. (2020), emplearon dióxido de carbono, óxido de limoneno (de residuos de cáscara de cítricos) y ϵ -decalactona (de triglicéridos) para obtener bioplásticos. Determinando que el plástico óptimo combina resistencia a la tracción (esfuerzo a la rotura = 21,2 MPa, Módulo de Young = 321 MPa) y alta elasticidad (alargamiento a la rotura = 400%), concluyendo que los catalizadores de polimerización son eficientes para transformar desechos y monómeros de origen biológico en termoplásticos combinando la alta elasticidad y resistencia.

Escasa, et al. (2020), aplicaron D-limoneno y etanol como pareja solvente/no solvente para la separación de polietileno (PE) de tereftalato de polietileno metalizado al vacío (proceso de evaporación de metales) y tereftalato de polietileno. Los resultados de polietileno de los laminados de polietileno de baja densidad / tereftalato de polietileno metalizado al vacío / tereftalato de polietileno era del 50,79 % p/p.

Cheng, et al. (2022), determinaron que la lignina tiene una gran fuerza intermolecular que conduce a compuestos funcionalmente mejorados con polietileno y polipropileno. Por su parte, el limoneno como materia prima económica, puede reemplazar algunos tipos de monómeros del petróleo y copolimerizarse con dióxido de carbono (CO₂) para producir policarbonato. En tanto, el cardanol, como compuesto natural, se puede agregar a algunos plásticos y mejorar su resistencia a la flexión.

Brüster, et al. (2019), mezclaron la polilactida (PLA) mediante extrusión convencional y reactiva con limoneno (LM) o mirceno (My) como plastificantes de base biológica. Los resultados mostraron que el limoneno y el mirceno fueron plastificantes eficientes para la polilactida ya que en comparación con la polilactida pura, se redujo los niveles de temperatura de transición vítrea, se incrementó la deformación por tracción y se incrementó la resistencia al impacto, independientemente del tipo de extrusión.

Ramos, et al. (2022), caracterizaron el bioplástico a base de quitosano con limoneno extraído de cáscara de cítricos. Se planteó la adición de limoneno a diversas concentraciones: 0.15 %, 0.30 % y 0.45 % p/p sobre el quitosano. Los resultados mostraron que, a mayores concentraciones de limoneno, la

resistencia a la tracción disminuyó de 23,27 a 13,30 MPa y el alargamiento a la rotura de 43,37 a 34,73%. En conclusión, el limoneno puede considerarse un aditivo prometedor para la obtención de películas de quitosano sostenibles para la conservación de alimentos.

Xiong y Chen (2020), extrajeron el aceite esencial de los cítricos mediante la metodología de superficie de respuesta con Diseño Box-Behnken, y la composición química del aceite fue evaluada mediante análisis de cromatografía de gases. Las condiciones de operación fueron temperatura de 45 °C, presión de 14 MPa y tiempo de extracción de 147 min, logrando un rendimiento de 1.34% y la composición química fue n-ácido hexadecanoico (14,62%), ácido linoleico (32,3%) y ácido oleico (20,42%). En conclusión, se extrajo aceite de cáscara de mandarina mediante dióxido de carbono supercrítico (scCO₂) alcanzando un rendimiento máximo de 1.34%.

Yaradoddi, et al. (2022), caracterizaron los bioplásticos utilizando métodos como: Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), análisis termogravimétrico (TGA). Determinando que el bioplástico producido presentó excelente resistencia, flexibilidad, superficie rugosa y desintegración en condiciones de suciedad y no son dañinos para el medio ambiente por su naturaleza de biodegradabilidad.

Opresto, et al. (2019), extrajeron el aceite esencial de las cáscaras de limón por el método de fluidos supercíclicos (SFE). Utilizaron cáscaras desechadas; posteriormente, fueron deshidratadas y molidas. Se realizó la hidrodestilación tradicional y la SFE. Para la extracción de limoneno se evaluaron condiciones de operación basado en la temperatura y presión. Determinando que el compuesto más abundante en el extracto fue el limoneno (82%) en condiciones de 15 MPa y 40 °C.

Sarder y Alamgir (2019), recolectaron cáscara de limón producido en la cocina del campus de KUET (Universidad de Ingeniería y Tecnología de Khulna) y extrajeron el aceite esencial de la cáscara de limón mediante el proceso de destilación e identificando el estado de oxidación a través de cromatografía de gases-espectrometría de masas. El aceite esencial representó un 2,31% de la cáscara de limón, determinándose que el limoneno se encuentra en un 13,21% y ácido fosfórico éster tribornílico en 10,68%.

Khandare, et al. (2021), aplicaron el modelo matemático de Peleg para evaluar la cinética de la extracción asistida por ultrasonido (UAE) de d-limoneno, reduciendo el tiempo de extracción de 185 a 20 minutos y un rendimiento de 32,9 mg/g (97 %), con hexano como solvente de grado alimenticio, relación biomasa: solvente de 1:10, tamaño de partícula 2 mm, velocidad de agitación 300 rpm, temperatura 60°C con potencia ultrasónica 80 W, ciclo de trabajo 50 % y frecuencia 25 kHz.

Tran, et al. (2020), utilizaron el extracto de residuos de orégano para incorporarlo a los bioplásticos como un recurso antioxidante efectivo, de bajo costo y que proporciona una alta protección UV. Además, se aplicó la técnica de fundición de solvente simple y fácilmente escalable, obteniendo películas bioplásticas delgadas, independientes y flexibles.

Puraca, Durand & Herrera (2021), produjeron plástico biodegradable de residuo orgánico, glicerina, ácido acético y agua destilada, manteniendo condiciones de temperatura de 75°C durante 15 minutos. La masa plastificante obtenida fue expuesta sobre una placa de vidrio a temperatura ambiente durante 24 horas. El bioplástico obtenido mostró una elongación de 93.79% y una fuerza de tracción de 3.11 kg/cm² y una capacidad de degradabilidad de 64.21% a los 90 días.

Chapuel y Reyes (2019), elaboraron bioplásticos con la extracción de almidón de semillas de palta y plátano. Después de la mezcla en el proceso de plastificación, se determinó que la mezcla de almidones al 3.43%, agua al 86.92%, ácido acético al 2.29% y glicerina al 3.43% presentó un 99.27% de biodegradación en 90 días.

Armijos (2021), produjeron plásticos orgánicos utilizando almidón extraído de semillas de yuca y palta de la especie Hass. La extracción de almidón fue empleando una velocidad de 1 rpm durante 30 segundos logrando rendimientos de 15.31 y 20.89% para semillas de palta y yuca respectivamente. Asimismo, el tratamiento almidón (4g), glicerina (4g) y manteniendo una temperatura de 82 °C, logró mejores condiciones de biodegradabilidad (67.57%) a los 30 días.

Córdova (2021), elaboraron bioplástico de pectina de residuos de cacao y aceite esencial de limón. El rendimiento de pectina fue de 10.60%. Además, la mezcla óptima fue 3% de pectina, 1.5% de glicerina, agua destilada y limoneno,

manteniendo una temperatura de 55°C durante 24 horas. El bioplástico logró una elongación de 41.67% y biodegradación de 41.03% bajo exposición en suelo agrícola, 9.68% en condiciones normales en el ambiente y 100% en exposición en agua a lo largo de 30 días.

En cuanto a las **Teorías relacionadas al tema** se señala que los bioplásticos, son plásticos fabricados a partir de polímeros de base biológica, pueden contribuir a ciclos de vida de plásticos comerciales más sostenibles como parte de una economía circular, en la que los polímeros vírgenes se fabrican de materias primas recicladas. En conclusión, la energía neutra en carbono se utiliza para la producción y los productos se reciclan al final de su vida útil. Además, la regulación e incentivos financieros son esenciales para pasar de polímeros de nicho a las aplicaciones de mercado de bioplásticos a gran escala con un impacto sostenible (Rosenboom, Langer & Traverso, 2022).

Los bioplásticos comerciales describen enfoques hacia el tereftalato de polietileno (PET) biorenovable y las secciones restantes de bioplásticos una amplia variedad de nuevos bioplásticos de alta T_g (biopolímeros aromáticos, biopolímeros carbocíclicos, heterocíclicos, y biopolímeros de tipo vinilo sintetizados mediante polimerización por radicales. En conclusión, los polímeros biorenovables se encuentran en expansión, por el interés del público en general de adoptar prácticas más sostenibles (Hoang, et al., 2018).

El compuesto más abundante en el extracto de aceite esencial de los cítricos fue el limoneno (82%) bajo condiciones de 15 MPa y 40 °C. La metodología SFE puede integrarse en un proceso verde intensificado de valorización de la cáscara de cítricos para producir aceite esencial de calidad y alto valor, sin el uso de solventes químicos, tratamientos posteriores y extracciones prolongadas para un medio ambiente verde (Opresto, et al., 2019).

En el proceso de caracterización de los bioplásticos producidos se utilizó métodos como: Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier, análisis termogravimétrico, difracción de rayos X en polvo y microscopia electrónica de barrido. El bioplástico producido presentó excelente resistencia, flexibilidad, superficie rugosa y desintegración en condiciones de suciedad. En conclusión, se obtuvo bioplásticos con excelentes propiedades de resistencia

fisicomecánicas y no dañinos para el medio ambiente por su naturaleza de biodegradabilidad (Yaradoddi, et al., 2022).

Dentro de las **características del limoneno**, se identifica que el limoneno se aloja en la cáscara de naranja, permite obtener un compuesto comparable al polietileno lineal de baja densidad puro y compuestos con propiedades de bloqueo UV. Los tamaños de partículas de cáscara de naranja de 75–177 μm sin ralladura con una carga de 0,4 g mejoran la estabilidad térmica, el color, la dispersión y las características mecánicas, así como reducir los tamaños de aglomerado de cáscara de naranja en los bioplásticos (Fehlberg, et al., 2020).

El limoneno es un producto natural que se extrae del aceite de las cáscaras de frutas cítricas. Este producto es un líquido incoloro o amarillo pálido. Su fórmula molecular es $\text{C}_{10}\text{H}_{16}$ y su masa molecular es de $136.238 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$. Su nombre IUPAC es el 1-metil-4-(prop-1-en-2-il)-ciclohexeno (Jimenez, 2019).

El limoneno, es un monoterpeno cíclico que se encuentra en varias plantas, se presenta como un monómero viable a diversas reacciones de polimerización, ya sea por radicales libres, catiónica o por reacción de sus derivados por apertura de anillo y las dificultades encontradas en estas reacciones, son respecto a la transferencia de cadena, formación de subproductos y estéreo impedimento, que afectan el control de la masa molar y, consecuentemente, de las propiedades térmicas de polímeros sintetizados. En conclusión, los sistemas de apertura de anillo que muestran un aumento significativo en las masas molares, que favorece mejoras en las propiedades térmicas y mecánicas de los polímeros (Brito y Silvino, 2021).

El limoneno como materia prima económica, puede reemplazar algunos tipos de monómeros del petróleo y copolimerizarse con dióxido de carbono (CO_2) para producir policarbonato. En tanto, el cardanol, como compuesto natural, se puede agregar a algunos plásticos y mejorar su resistencia a la flexión. En conclusión, la producción de plástico de base biológica, alivia la escasez de recursos petroleros y se degradan y reutilizan, creando menos contaminación y costos que los plásticos tradicionales (Cheng, et al., 2022).

La empleabilidad del D-limoneno y etanol como solvente de polietileno encontrado en las bolsitas utilizados para procesos de envasado y que están hechos de laminados de plástico predominantes en Filipinas convirtiéndolo en el tercer mayor contaminador de los océanos (Escasa, et al., 2020).

La producción de policarbonato de limoneno es económicamente viable. Además, el policarbonato de limoneno (PLC) contribuyó en la mitigación del escape de CO₂ y los impactos potenciales de los biopolímeros, que permiten mejoras en las condiciones ambientales en la industria plástica tornando una economía circular sostenible (Durkin, et al., 2019).

El análisis de las **propiedades físicas** del bioplástico, está dada por:

La determinación del **espesor**, que es el grosor de un elemento sólido (Aponte y Benavides, 2018). En ese sentido, se evaluó cada bioplástico, a través del uso de un calibrador de espesor digital.

La determinación de **humedad**, donde se evalúa el contenido de vapor de agua que almacena un cuerpo, que pueden ser calculados directamente y a partir de magnitudes medidas (Sánchez, 2017). En esta determinación se utilizará un higrómetro gravimétrico.

La determinación de la **biodegradabilidad** está dada por la descomposición de un material por acción enzimática de diversos microorganismos (Ruiz, Pastor y Acevedo, 2013). En tanto, la degradación se encuentra dado a condiciones normales y un registro periódico del peso utilizando una balanza digital.

En el análisis de las **propiedades mecánicas** del bioplástico, se determinará: La **Fuerza de Tracción** que es un ensayo mecánico en el que una muestra se carga de forma controlada mientras se mide la carga aplicada y la elongación de la muestra a cierta distancia (Sánchez, 2017).

Determinar la **Elongación** que es el movimiento donde se produce un aumento de la masa longitudinalmente de una estructura, es decir un material conformante de un sistema donde atraviesa un proceso de estiramiento constate (Sánchez, 2017).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación fue de tipo aplicada, porque según Ramírez, et al (2018) nos permite resolver un problema a través de la búsqueda y concepción de conocimientos y técnicas adecuadas para su aplicación alcanzando los objetivos del estudio y el enriquecimiento científico.

El diseño de investigación fue experimental, porque según Ramos (2021), este diseño se basa en la ejecución de una serie de procedimientos para la obtención de resultados a través del desarrollo de acciones sobre las variables. En ese sentido, en el estudio se determinó el efecto que ejerce las acciones de la variable independiente (limoneno a partir de *Citrus limon*, *Citrus sinensis* y *Citrus sinensis*) sobre la variable dependiente (producción de bioplástico).

El enfoque de investigación es cuantitativo, porque según Hernández y Mendoza (2018), fundamentó que se basa en la recopilación de datos medibles y cuantificables que permiten analizar el comportamiento de las variables y dar respuesta a las interrogantes del estudio; y la comprobación de hipótesis experimentales.

3.2. Variables y Operacionalización

Producción de bioplástico a partir de la mezcla de limoneno de *Citrus limon*, *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata* en Independencia, 2022. En relación al tema investigativo, se estableció:

Variable independiente: Limoneno de *Citrus limon*, *citrus sinensis*, *citrus reticulata*.

Definición conceptual: El Limoneno tiene gran potencial químico como aditivo natural o monómero en los procesos catalíticos, proporcionando productos plásticos con excelentes propiedades físico-mecánicas que amplían su nivel de funcionalidad y aplicación (Parrino, et al., 2018).

Definición operacional: Se determinará las características del limoneno de *citrus limon*, *citrus sinensis*, *citrus reticulata*. Asimismo, se aplicará tres mezclas de limoneno de *citrus limon*, *citrus sinensis*, *citrus reticulata*.

Variable dependiente: Producción de bioplásticos

Definición conceptual: Los bioplásticos son plásticos elaborados a base de residuos orgánicos que los convierte en ecoamigables y con características fisicomecánicas competitivas (Chinchayhuara y Quispe, 2018).

Definición operacional: Para determinar si el bioplástico elaborado cumple con los requisitos mínimos para ser considerado como tal, se evaluarán sus propiedades físicas y mecánicas en laboratorio.

La matriz operacional se encuentra en el Anexo 1.

3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis

La población es el conglomerado finito o infinito de la totalidad de elementos observados en un estudio (Hernández y Mendoza, 2018). En ese sentido, la población del estudio estuvo conformada por los 100kg cáscaras de los cítricos recolectados, como la naranja, el limón y la mandarina; que suelen ser desechados diariamente por parte de los vendedores del mercado: “El Ermitaño” del distrito de independencia, provincia de Lima.

La muestra es una porción representativa de la población; que cuenta con características principales de dicha población guardando relación con los objetivos del estudio (Azorín, 1970). Por lo tanto, la muestra estuvo compuesta por 32 kg. de cáscaras de cítricos (12kg. de cáscara de naranja, 11 kg. de cáscaras de limón y 9kg. de cáscaras de mandarina) recolectados del mercado: “El Ermitaño”, del distrito de independencia, provincia de Lima.

El tipo de muestreo fue por conveniencia; dado que, en la recolección de muestras, el propio investigador desarrolló el muestreo bajo su criterio técnico.

La unidad de análisis fue la unidad bioplástica (3.44 g) obtenida a partir del uso de mezclas (dosis) de limoneno de residuos de limón (*Citrus limon*), naranja (*Citrus sinensis*) y mandarina (*Citrus reticulata*).

3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos

La observación es una técnica que permite verificar de forma directa el comportamiento observado de las unidades de análisis, los cuales se encuentran debidamente registrados de forma sistemática conforme a dimensiones e indicadores (Hernández y Mendoza, 2018).

Por ello, en el estudio de investigación se aplicó la técnica de observación en la verificación del comportamiento de las propiedades físicas (peso, humedad, espesor, biodegradabilidad) y propiedades mecánicas (tracción, elongación).

Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos son considerados recursos que permiten la recopilación de datos relevantes a través de ítems o indicadores sistematizados que permite conocer la postura y comportamiento del agente investigado (Sánchez, et al., 2018).

Los instrumentos del estudio fueron elaborados previa revisión de los ensayos experimentales de las propiedades fisicomecánicas y consideración de antecedentes (tesis relacionadas a los objetivos de la investigación). En ese sentido, en el estudio se utilizó como instrumentos las fichas de registro que se encuentran adjuntados en los anexos, presentados con la siguiente denominación:

- Ficha de recolección de residuos de *Citrus limon*, *Citrus sinensis* y *Citrus reticulata* (Anexo 3).
- Ficha de caracterización de limoneno de residuos de *Citrus limon*, *Citrus sinensis* y *Citrus reticulata* (Anexo 4).
- Ficha de producción de bioplástico (Anexo 5).
- Ficha de análisis de propiedades fisicomecánicas del bioplástico (Anexo 6).

Validez

Para dar validez a los instrumentos, estos fueron sometidos al juicio crítico de profesionales expertos en la materia de investigación que a través de su revisión otorgaron un puntaje que validará los instrumentos. Ver Tabla 1.

Tabla 1. Validación de instrumentos

Experto	Valoración de instrumentos			
	Ficha de recolección de residuos	Ficha de caracterización de limoneno de residuos	Ficha de producción de bioplástico	Ficha de análisis de propiedades físico-mecánicas del bioplástico
Mg. María Paulina Aliaga Martínez CIP: 59443	90	90	90	90
Dr. Jorge Leonardo Jave Nakayo DNI: 01066653	85	85	85	85
Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez CIP: 89972	90	90	90	90
Promedio de Valoración	88.33	88.33	88.33	88,33

Confiabilidad

Para la confiabilidad del instrumento, se utilizó el estadígrafo de Alpha de Cronbach en el análisis estadístico a través del software IBM SPSS, donde se considerará la valoración dada en cada ítem considerará en la hoja de validación de cada instrumento. Ver Tabla 2.

Tabla 2. Confiabilidad del instrumento

Instrumentos	Prueba V de Aiken						
	Valoración promedio			S	n	c	V
	Experto 1	Experto 2	Experto 3				
Ficha de recolección de residuos de <i>Citrus limon</i> , <i>Citrus sinensis</i> y <i>Citrus reticulata</i>	90	85	90	265	3	100	0.892
Ficha de caracterización de limoneno de residuos de <i>Citrus limon</i> , <i>Citrus sinensis</i> y <i>Citrus reticulata</i>	90	85	90	265	3	100	0.892
Ficha de producción de bioplástico	90	85	90	265	3	100	0.892
Ficha de análisis de propiedades físico-mecánicas del bioplástico	90	85	90	265	3	100	0.892
PROMEDIO							0.892

La Tabla 2, muestra el coeficiente V. de Aiken de cada instrumento que fueron valores de 0.892. Esto quiere decir que los instrumentos de recolección de datos tienen buena validez por tanto adquieren altos niveles de confiabilidad.

3.5. Procedimientos

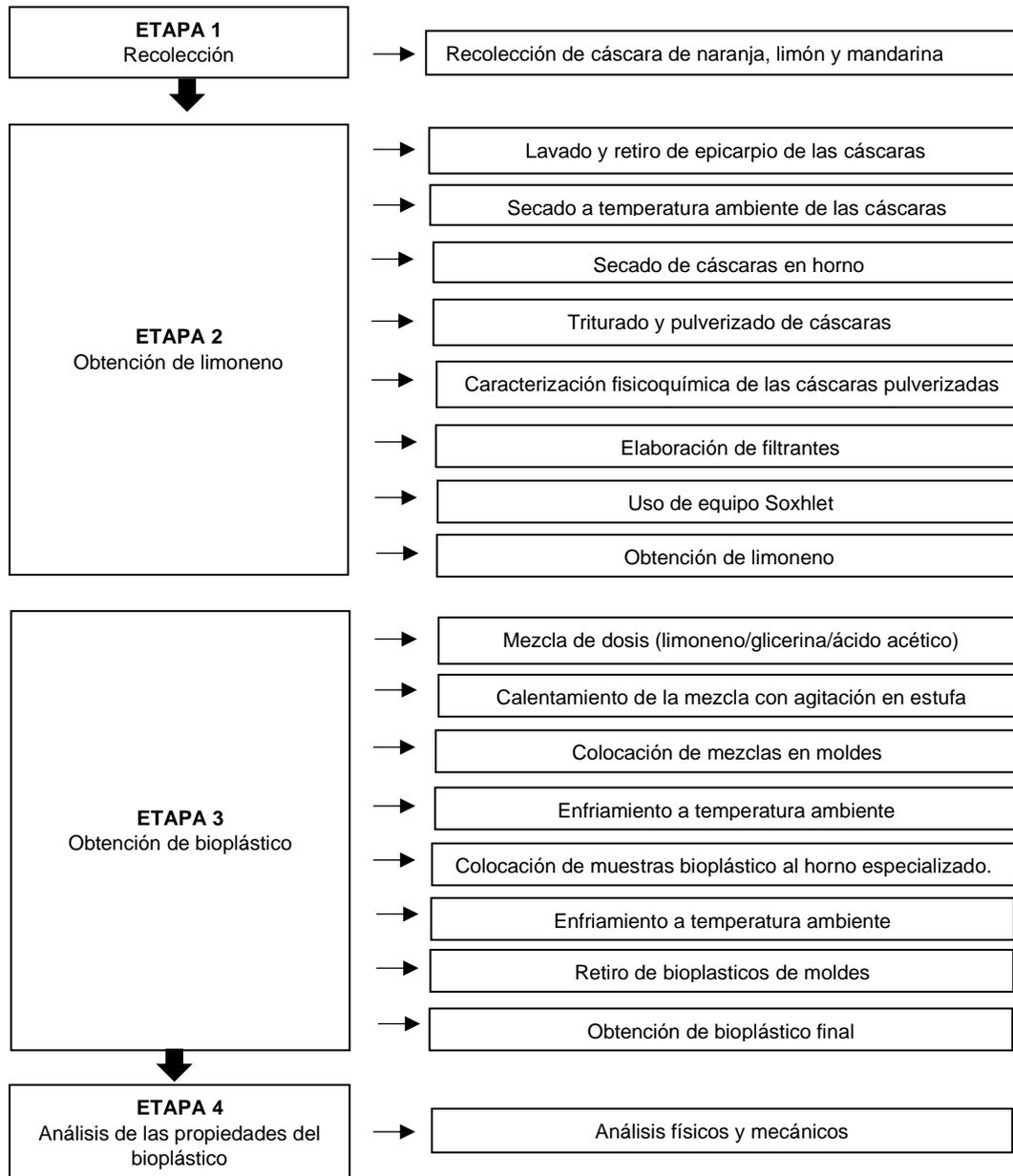


Figura 1. Diagrama de procesos del estudio

Etapa 1°- Recolección de cáscaras cítricas

En esta etapa se realizó la recolección de residuos orgánicos pertenecientes a cáscaras de naranjas, mandarina y limón. Para saber la cantidad necesaria de residuos que se tuvo que recolectar, se revisó estudios previos (antecedentes) donde se analizaron el rendimiento de limoneno a partir de las cáscaras cítricas. Considerando la decisión de recolectar 32 kg. de cáscaras de cítricos (12kg. de cáscara de naranja, 11 kg. de cáscaras de limón y 9kg. de cáscaras de mandarina); relacionado al estudio Todos recolectados del mercado “El Ermitaño” del distrito de independencia, provincia de Lima, manteniendo criterios de selección.



Figura 2. Ubicación del Mercado “El Ermitaño”.

Para lograr la obtención de 32kg de residuos cítricos, fue necesario realizar la recolección de residuos de 7 puestos del mercado que pertenecían al área de frutas (2), juguería (1), verduras (2) y cebichería (2). Ver *Figura 3*.



Figura 3. Recolección de residuos de los 7 puestos del mercado “El Ermitaño”

En el proceso de recolección de residuos se utilizó como ropa de trabajo el uso de guardapolvo, toca para el cabello y guantes quirúrgicos con el fin de no contaminar las muestras recolectadas. Asimismo, se utilizó bolsas ziploc porque tiene cierre hermético para guardar las muestras y posteriormente se colocaron dentro de un cooler de capacidad de 50L.

Etapa 2°- Proceso de obtención de limoneno

Para este proceso, previamente se retiró el epicarpio de los tres tipos de cáscaras cítricas. Para dicha labor se utilizó un cuchillo y una cuchara, ambos esterilizados previamente con agua caliente y excelentes condiciones de limpieza; luego, a fin de alejar los minúsculos residuos de epicarpio se realizó el lavado con agua potable.



Figura 4. Lavado de residuos cítricos

Posteriormente, se separó cada residuo y se dejó escurriendo por una hora. Después, se dejó secar a temperatura ambiente y bajo exposición de radiación UV durante dos días.



Figura 5. Secado de residuos cítricos a temperatura ambiente

Los residuos fueron llevados al laboratorio de la Universidad César Vallejo luego de pasar por el proceso de secado a temperatura ambiente. En el laboratorio se realizó el pesaje de las muestras para llevar un registro de los datos. Luego, para minimizar la humedad de las muestras, fueron colocadas en un horno especializado aplicando una temperatura de 60 °C durante 5 horas.



Figura 6. Secado de residuos en horno especializado.

Finalizado el tiempo de secado, se retiró las muestras y se procedió con el triturado de los residuos, empleando para esta etapa un mortero y su pilón se redujo las partículas de los residuos, luego un molino para granos.



Figura 7. Triturado de los residuos

Para obtener la homogenización de las partículas del residuo en el tamaño más fino, se procesó las muestras bajo tamices N°40 y N°20, los componentes resultantes fueron depositados en bolsas ziploc, y rotulado mediante código para un mejor control.



Figura 8. Rotulación de muestras



Figura 9. Pesaje cáscaras cítricas pulverizadas.

En esta etapa se caracterizó fisicoquímicamente los residuos obtenidos. Para ello, se mezcló la muestra con agua destilada en una proporción de 1:1 (5g. de residuos en 35 mL de agua destilada) y se agitó hasta obtener una sustancia homogénea. Con este proceso se pudo evaluar su temperatura y pH.



Figura 10. Caracterización fisicoquímica de los residuos pulverizados

Posteriormente, se elaboró filtrantes, colocando 30 g. de residuos pulverizados de cáscara de limón, naranja y mandarina sobre papel filtro; luego, fueron engrapados para introducirlos en el equipo Soxhlet.

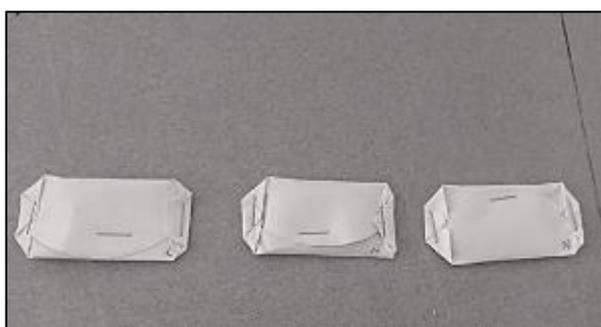


Figura 11. Elaboración de filtrante orgánico

Para el uso del equipo Soxhlet se realizó su montaje dentro de la manta de calentamiento y se sostuvo con pinzas de metal y un soporte universal.



Figura 12. Montaje del equipo Soxhlet

Se conectó al grifo la parte refrigerante del equipo Soxhlet y se añadió el filtrante con contenido de residuos pulverizados en el sifón del equipo.



Figura 13. Introducción de filtrante en el sifón, equipo Soxhlet.

En un vaso precipitado de 250mL se colocó 140 mL de hexano para luego depositarlo al equipo Soxhlet. Colocado el hexano, se encendió la manta de calentamiento a 300°C.

En el equipo Soxhlet, el disolvente se calienta, se volatiliza y se condensa goteando sobre la muestra, la cual queda sumergida en disolvente. Posteriormente, es sifoneado al matraz que se encuentra dentro de la manta de calentamiento para empezar de nuevo el proceso.

Tabla 3. Condiciones de operación de equipo Soxhlet

Muestra	Gramos	Tiempo de operación por filtrante	Temperatura alcanzada
Residuos de cáscara de Naranja	30	3 a 6 Horas	300 - 500 °C
Residuos de cáscara de Limón	30	3 a 6 Horas	300 - 500 °C
Residuos de cáscara de Mandarina	30	3 a 6 Horas	300 - 500 °C

Luego de la obtención del limoneno, mediante el equipo soxhlet; se pasó a colocarlo en la estufa a 80 °C para que el hexano se evapore y solo quede el limoneno.



Figura 14. Evaporación de hexano en estufa

A través del equipo del método Soxhlet, se separó del aceite la pigmentación del limoneno. Posteriormente, a través del método de destilación por arrastre de vapor se obtuvo el limoneno y se pesa las tres obtenciones de limoneno.



Figura 15. Obtención de limoneno

Etapa 3°- Producción de bioplásticos

En la producción del bioplástico, se mezcló las dosis de limoneno derivados de las cáscaras de cítricos con glicerina, ácido acético y agua, las cuales fueron:

Tabla 4. Mezclas para la producción de bioplásticos

Mezclas	Codificación	Limoneno			Glicerina (mL.)	Agua Destilada (mL.)	Ácido Acético (mL.)
		Limón (mL)	Naranja (mL)	Mandarina (mL)			
Mezcla 1	MPD1	10	15	20	10	10	5
Mezcla 2	MDP2	15	20	25	20	10	10
Mezcla 3	MDP3	20	25	30	25	10	15



Figura 16. *Proceso de producción de las 3 mezclas.*

Posteriormente, la mezcla fue depositada en un vaso precipitado de 250 mL y se aplicó calor (60 – 70°C) a través de una cocina eléctrica hasta alcanzar la unificación de mezclas.



Figura 11. *Calentamiento de la mezcla*

Luego, se colocó las tres mezclas en moldes autodiseñados de papel aluminio con dimensiones de 15cm x 3cm x 2mm que se encontraron sostenidas sobre una base de vidrio cuadrada y se dejó enfriar a temperatura ambiente por dos horas.



Figura 12. Mezclas en proceso de secado a temperatura ambiente

Después, se introdujo la mezcla a la estufa y se aplicó 60°C durante 12 horas. Por último, se dejó enfriar durante 30 minutos a temperatura ambiente, esto permitió obtener placas plásticas resistentes.



Figura 13. Secado de las mezclas en horno

Finalmente, se obtuvo 3 muestras bioplásticas por cada dosis a fin de verificar sus características físicas y mecánicas, y disminuir errores en su evaluación.

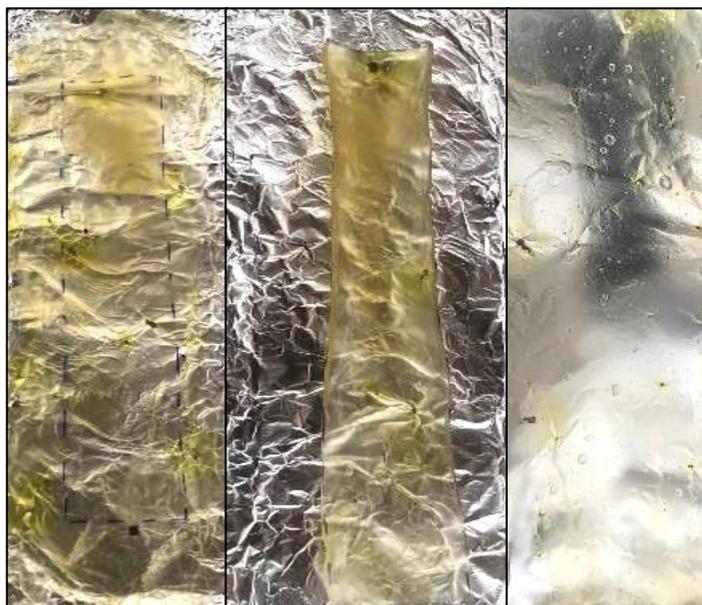


Figura 14. *Bioplásticos obtenidos*

Etapa 4°- Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del bioplástico

En esta etapa se desarrolló los ensayos experimentales que permitirán realizar los análisis físicos (Peso, humedad, espesor y biodegradabilidad) y mecánicos (Tracción y elongación) del producto plástico obtenido. Para el desarrollo de estos análisis se realizó procedimientos descritos en artículos científicos empleando métodos ASTM D882.

3.6. Métodos de análisis de datos

Los datos fueron descriptivos e inferenciales. En el análisis descriptivo se presentaron resultados de acuerdo a objetivos establecidos en la investigación donde se utilizaron tabulaciones y gráficos que facilitaron la exposición de los resultados relevantes.

En el análisis inferencial se presentó los resultados de acuerdo a las hipótesis propuestas en la investigación, para la comprobación de las hipótesis se emplearon tabulaciones obtenidas del software IBM SPSS Versión 25.0. En

estas tablas se realizó la prueba de normalidad a través del estadígrafo de Shapiro-Wilk, por ser muestras menores a 50 datos, para determinar si se debe considerar pruebas paramétricas o pruebas no paramétricas en la comprobación de las hipótesis. Debemos mencionar que para la comprobación de hipótesis se debe considerar los valores de significancia obtenida (Sig o p-valor), donde se debe obtener valores menores a α (0,05) para dar aceptación a nuestras hipótesis alternas y rechazo de las hipótesis nulas en el estudio. Esto permitió contrastar la hipótesis del estudio y se llegó a una conclusión.

3.7. Aspectos éticos

Se consideró los siguientes aspectos éticos:

- Se colocaron las citas textuales de toda información recopilada de fuentes bibliográficas para sustentar una idea, de esta manera se respetó la autoría de estudios previos.
- El estudio se encuentra parafraseado y expresa la comprensión lectora después de la revisión de estudios, a fin de no ejercer altos niveles de similitud con otros estudios.
- Se verificó la originalidad de la investigación a través de la filtración de la totalidad del documento mediante el software turnitin, que reportó el nivel de similitud con otras fuentes bibliográficas.
- El estudio respetó la estructura de la guía de producto de elaboración de productos de investigación de fin de programa y se redactó conforme al estilo ISO-690.
- Los instrumentos, previo a su aplicación en la recolección de información serán verificados y validados por parte de tres docentes expertos en la materia de investigación.
- Se cumplió los requisitos de la resolución del vicerrectorado de investigación N° 110-2022-VI-UCV donde especifica el código de ética.

IV. RESULTADOS

En el estudio se consideró la presentación de resultados descriptivos e inferenciales del limoneno, de la siguiente manera:

4.1. Resultados descriptivos

Estos resultados son presentados según los objetivos del estudio.

4.1.1. Características del limoneno de *Citrus limon*, *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata*.

Tabla 5. Características de los limonenos

Muestra pulverizada de residuo	Temperatura (°C)	pH (unidad de pH)	Densidad g/cm ³	Volumen Obtenido (mL)
<i>Citrus limon</i>	25.4° C	5.34	1.003 g / cm ³	236.62 mL
<i>Citrus sinensis</i>	24.8° C	5.44	1.007 g / cm ³	235.44 mL
<i>Citrus reticulata</i>	24.8° C	4.08	1.015 g / cm ³	230.81 mL

La tabla 5, mostró las características de los limonenos de limón (*Citrus limon*), naranja (*Citrus sinensis*) y mandarina (*Citrus reticulata*), los cuales presentaron temperaturas 24.8, 24.8 y 25.4 °C; potencial de hidrógeno de 5.34, 5.44 y 4.08 unidades; densidades de 1,003 g/cm³, 1,007 g /cm³ y 1.015 g / cm³ respectivamente y volumen obtenido de limoneno en liquido por cada cítrico de 236.62 mL, 235.44 mL, 230.81 mL; que permitieron la obtención de bioplásticos con características localizadas en la Tabla 6.

4.1.2. Resultados de la mezcla óptima de limoneno según las propiedades físicas del bioplástico

Tabla 6. Peso y espesor de los bioplásticos

Mezcla	Peso (g)	Espesor (mm)
Mezcla 1	3.44	2
Mezcla 2	3.44	2
Mezcla 3	3.44	2

La tabla 6, mostró mezclas de igual peso y espesores de igual dimensión, porque se depositaron las mismas cantidades de mezcla en mismos moldes. Dichas mezclas fueron: Mezcla 1 (10 mL limoneno de limón, 15 mL limoneno de

naranja, 20 mL de limoneno de mandarina, 10 mL de glicerina, 10 mL de agua destilada y 5 mL ácido acético), Mezcla 2 (15 mL limoneno de limón, 20 mL limoneno de naranja, 25 mL de limoneno de mandarina, 20 mL glicerina, 10 mL de agua destilada, 10 mL de ácido acético), y Mezcla 3 (20 mL limoneno de limón, 25 mL limoneno de naranja, 30 mL de limoneno de mandarina, 25 mL de glicerina, 10 mL de agua destilada, 15 mL de ácido acético).

Tabla 7. Humedad de los bioplásticos

Mezclas	Repeticiones	Humedad (%)	Humedad promedio (%)
Mezcla 1	Repeticiones 1	72	71,67
	Repeticiones 2	70	
	Repeticiones 3	73	
Mezcla 2	Repeticiones 1	67	67,33
	Repeticiones 2	69	
	Repeticiones 3	66	
Mezcla 3	Repeticiones 1	66	64,67
	Repeticiones 2	65	
	Repeticiones 3	63	

La tabla 7, mostró la humedad de los bioplásticos, donde se realizó tres repeticiones por cada muestra para obtener resultados más exactos.

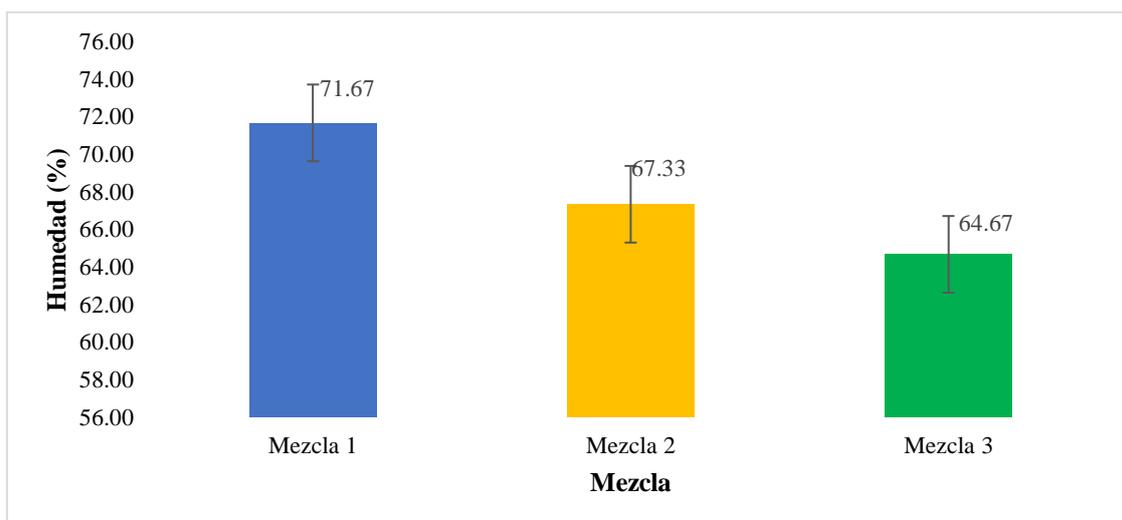


Figura 15. Humedad de bioplásticos

La Figura 20, reveló que el bioplástico con mezcla 3 presentó menor porcentaje de humedad, donde se pudo identificar que a medida se va

aumentando la cantidad de limoneno en la mezcla para la obtención de plástico, éste disminuye su porcentaje de humedad.

Tabla 8. Biodegradación de bioplásticos en agua de río según mezcla

Mezclas	Repeticiones	Registro de peso				Biodegradación (%)	Biodegradación promedio (%)	Referencia
		Peso inicial (g)	Peso semana 1 (g)	Peso semana 2 (g)	Peso semana 3 (g)			
Mezcla 1	Repeticiones 1	3,44	3,35	3,20	3,05	11,34	11,63	Ledesma, et al., 2021
	Repeticiones 2	3,44	3,33	3,17	3,03	11,92		
	Repeticiones 3	3,44	3,36	3,19	3,04	11,63		
Mezcla 2	Repeticiones 1	3,44	3,30	3,12	2,92	15,12	15,60	
	Repeticiones 2	3,44	3,29	3,10	2,90	15,70		
	Repeticiones 3	3,44	3,27	3,09	2,89	15,99		
Mezcla 3	Repeticiones 1	3,44	3,02	2,81	2,23	18,31	18,21	
	Repeticiones 2	3,44	3,04	2,83	2,25	17,73		
	Repeticiones 3	3,44	3,01	2,80	2,22	18,60		

La tabla 8, mostró el proceso de biodegradación del bioplástico en suelo agrícola, donde se consideró como referencia el método de Morocho *et al.* (2021), registrándose el peso semanal del bioplástico durante tres semanas, a fin de revelar el nivel de biodegradación. Para este proceso se utilizó placas de bioplásticos (Mezcla 1, Mezcla 2 y Mezcla 3) de dimensiones de 5cm de largo por 3 cm de ancho por 2mm de espesor.

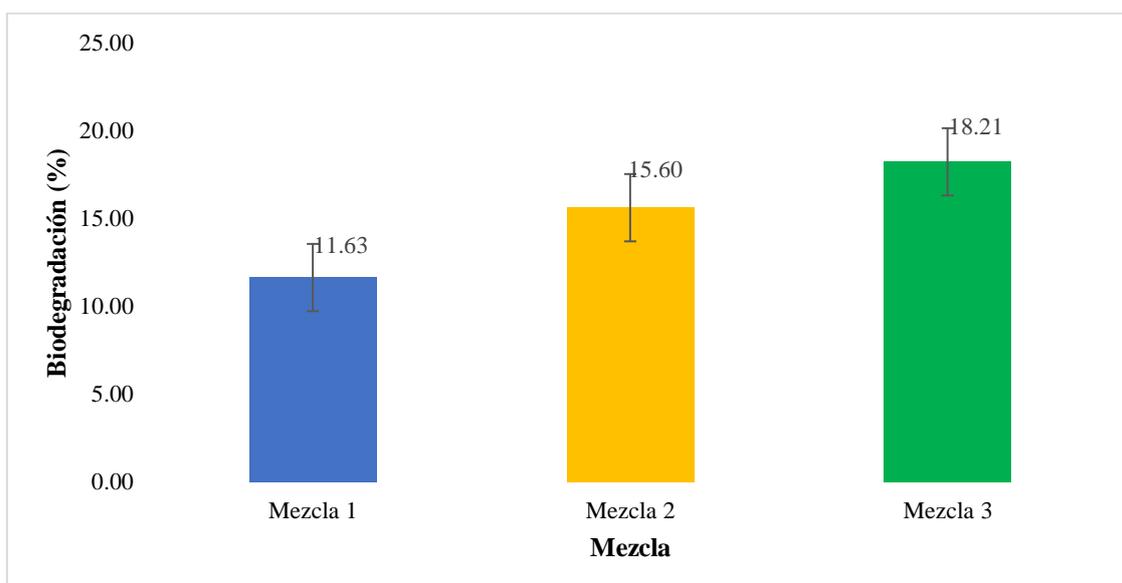


Figura 16. Biodegradación de bioplásticos en agua de río

La *Figura 21* mostró que el bioplástico de mezcla 3 después de permanecer tres semanas en agua de río alcanzó mayor nivel de biodegradación

(18.21%), porque contiene mayor cantidad de limoneno que es un compuesto orgánico que facilita su biodegradación.

Tabla 9. Biodegradación de bioplásticos en agua de mar según mezcla

Mezclas	Repeticiones	Registro de peso				Biodegradación (%)	Biodegradación promedio (%)	Referencia
		Peso inicial (g)	Peso semana 1 (g)	Peso semana 2 (g)	Peso semana 3 (g)			
Mezcla 1	Repeticiones 1	3,44	3,22	3,05	2,76	19,77	20,25	Ledesma, et al., 2021
	Repeticiones 2	3,44	3,19	3,02	2,74	20,35		
	Repeticiones 3	3,44	3,21	3,04	2,73	20,64		
Mezcla 2	Repeticiones 1	3,44	3,02	2,81	2,48	27,91	28,20	
	Repeticiones 2	3,44	2,99	2,79	2,46	28,49		
	Repeticiones 3	3,44	3,01	2,82	2,47	28,20		
Mezcla 3	Repeticiones 1	3,44	2,90	2,64	2,23	35,17	35,27	
	Repeticiones 2	3,44	2,87	2,62	2,21	35,76		
	Repeticiones 3	3,44	2,89	2,65	2,24	34,88		

La tabla 9, mostró el proceso de biodegradación del bioplástico en agua de mar, donde se consideró como referencia el método de Ledesma *et al.* (2021), registrándose el peso semanal del bioplástico durante tres semanas, a fin de revelar el nivel de biodegradación. Para este proceso se utilizó placas de bioplásticos (Mezcla 1, Mezcla 2 y Mezcla 3) de dimensiones de 5cm de largo por 3 cm de ancho por 2mm de espesor.

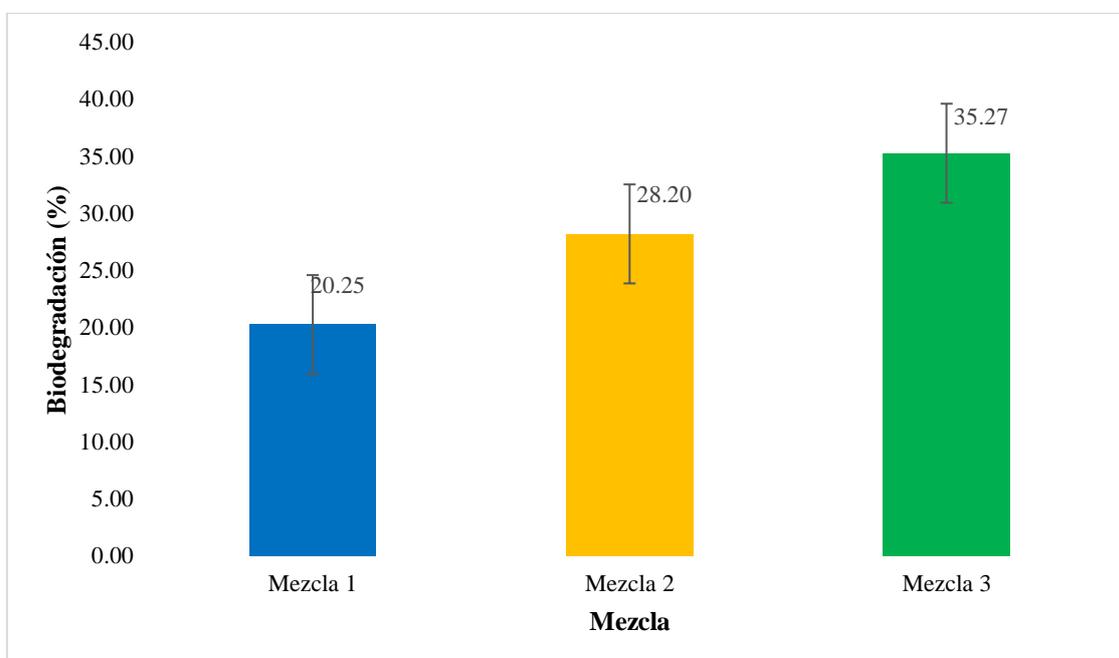


Figura 17. Biodegradación de bioplásticos en agua de mar

La Figura 23 mostró que el bioplástico de mezcla 3, permaneció durante tres semanas en agua de mar alcanzando un mayor nivel de biodegradación

(35,27%), porque contiene mayor cantidad de limoneno que es un compuesto orgánico que facilita su biodegradación.

Tabla 10. Biodegradación de bioplásticos en suelo agrícola según mezcla

Mezclas	Repeticiones	Registro de peso				Biodegradación (%)	Biodegradación promedio (%)	Referencia
		Peso inicial (g)	Peso semana 1 (g)	Peso semana 2 (g)	Peso semana 3 (g)			
Mezcla 1	Repeticiones 1	3,44	3,11	2,84	2,55	25,87	26,26	Morocho, et al., 2021
	Repeticiones 2	3,44	3,08	2,82	2,54	26,16		
	Repeticiones 3	3,44	3,10	2,81	2,52	26,74		
Mezcla 2	Repeticiones 1	3,44	2,92	2,77	2,34	31,98	31,59	
	Repeticiones 2	3,44	2,89	2,75	2,37	31,10		
	Repeticiones 3	3,44	2,91	2,78	2,35	31,69		
Mezcla 3	Repeticiones 1	3,44	2,78	2,54	2,12	40,70	41,09	
	Repeticiones 2	3,44	2,76	2,51	2,10	41,57		
	Repeticiones 3	3,44	2,79	2,53	2,13	40,99		

La tabla 10, mostró el proceso de biodegradación del bioplástico en suelo agrícola, donde se consideró como referencia el método de Morocho *et al.* (2021), registrándose el peso semanal del bioplástico durante tres semanas, a fin de revelar el nivel de biodegradación. Para este proceso se utilizó placas de bioplásticos (Mezcla 1, Mezcla 2 y Mezcla 3) de dimensiones de 5cm de largo por 3 cm de ancho por 2mm de espesor.

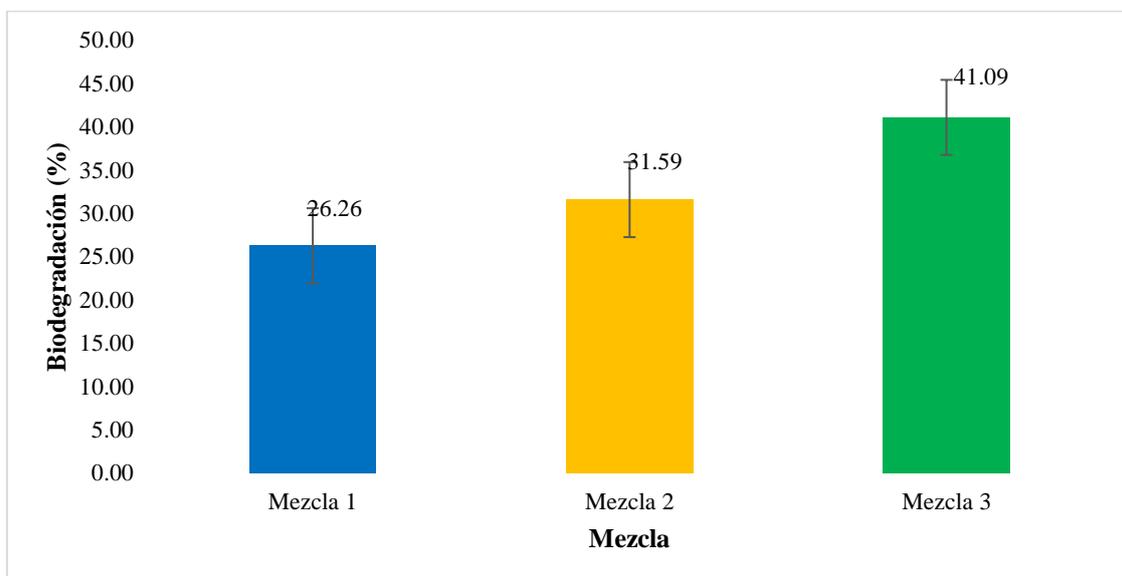


Figura 18. Biodegradación de bioplásticos en suelo agrícola

La Figura 23 mostró que el bioplástico de mezcla 3 después de permanecer tres semanas en suelo agrícola alcanzó mayor nivel de

biodegradación (41,09%), porque contiene mayor cantidad de limoneno que es un compuesto orgánico que facilita su biodegradación.

4.1.3. Resultados de la mezcla óptima de limoneno según las propiedades mecánicas del bioplástico

Tabla 11. Resistencia a la tracción de bioplásticos según mezcla

Mezcla	Repeticiones	Resistencia a la Tracción (N/cm ²)	Resistencia a la Tracción (N/cm ²)	Método de referencia
Mezcla 1	Repetición 1	11.94	11.86	ASTM D882
	Repetición 2	11.89		
	Repetición 3	11.75		
Mezcla 2	Repetición 1	22.97	22.94	
	Repetición 2	22.75		
	Repetición 3	23.11		
Mezcla 3	Repetición 1	30.57	31.32	
	Repetición 2	31.24		
	Repetición 3	32.16		

La Tabla 11, mostró la resistencia a la tracción de bioplásticos, donde se realizó tres evaluaciones (repeticiones) por cada bioplástico según su mezcla, con la finalidad de obtener resultados más exactos.

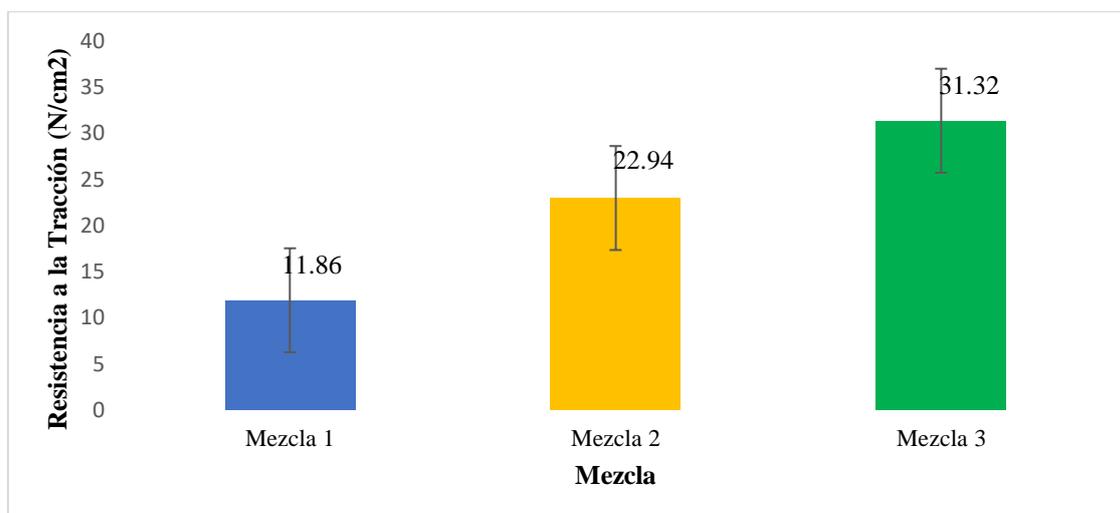


Figura 19. Resistencia a la Tracción de los bioplásticos

La *Figura 24* mostró que el bioplástico de mezcla 3 (20 mL. Limoneno de limón, 25 mL limoneno de naranja, 30 mL de limoneno de mandarina, 25 mL de glicerina, 10 mL de agua destilada, 15 mL de ácido acético), alcanzó mayor resistencia a la tracción (31.32 N/cm²).

Tabla 12. *Elongación de bioplásticos según mezcla*

Mezcla	Repeticiones	Elongación (%)	Elongación promedio (%)	Método de referencia
Mezcla 1	Repetición 1	4,6	4,37	ASTM D882
	Repetición 2	4,4		
	Repetición 3	4,1		
Mezcla 2	Repetición 1	8,6	8,53	
	Repetición 2	8,3		
	Repetición 3	8,7		
Mezcla 3	Repetición 1	11,4	11,73	
	Repetición 2	11,7		
	Repetición 3	12,1		

La Tabla 12, mostró la elongación de bioplásticos, donde se realizó tres evaluaciones (repeticiones) por cada bioplástico según su mezcla, con la finalidad de obtener resultados más exactos.

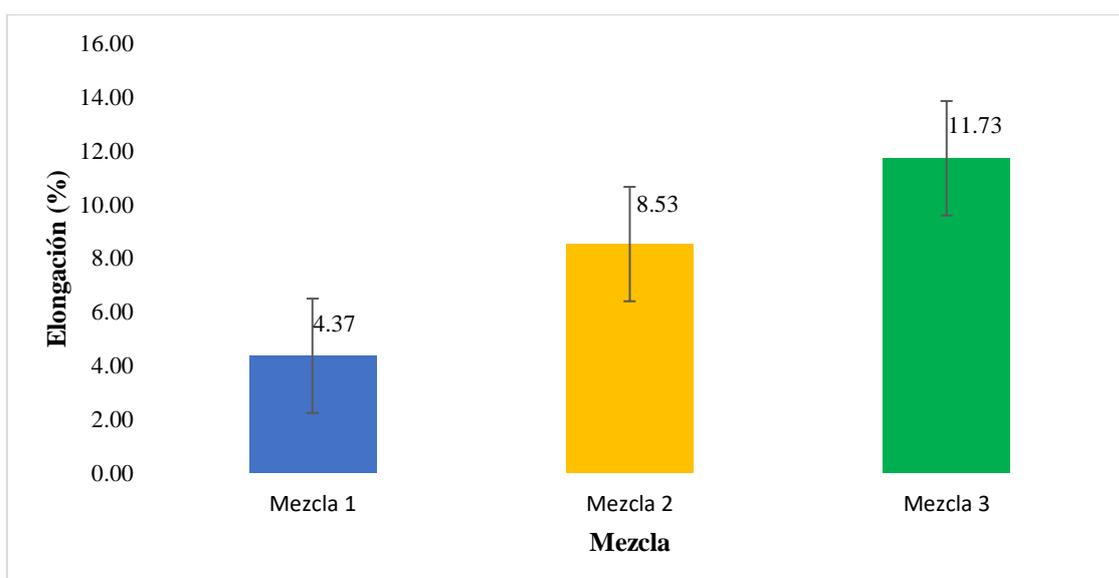


Figura 20. *Elongación de los bioplásticos*

La *Figura 25* mostró que el bioplástico de mezcla 3 (20 mL limoneno de limón, 25 mL, limoneno de naranja, 30 mL de limoneno de mandarina, 25 mL de glicerina, 10 mL de agua destilada, 15 mL de ácido acético), alcanzó mayor elongación (11,73 %).

4.2. Resultados inferenciales

4.4.1. Análisis de hipótesis específica 1

A fin de ejercer la contrastación de la hipótesis específica 1, fue necesario determinar si las características del limoneno de *Citrus limon*, *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata* permiten la producción de bioplástico. Previo a ello, se evaluó el comportamiento físico-mecánico del bioplástico producido mediante la prueba de normalidad.

Tabla 13. Prueba de normalidad de la resistencia a la tracción

Características de los limonenos	Características del bioplástico	Mezcla	Shapiro-Wilk		
			Estadístico	gl	Sig.
<i>Citrus limon</i> (25.4°C, 5.34 pH, 1.003 g/cm ³)	Resistencia a la tracción	Mezcla 1	0,930	3	0,490
<i>Citrus sinensis</i> (2.8°C, 5.44 pH, 1.007 g/cm ³)		Mezcla 2	0,984	3	0,756
<i>Citrus reticulata</i> (24.8°C, .34 pH, 1.003 g/cm ³)		Mezcla 3	0,992	3	0,827

La Tabla 13, mostró los resultados de normalidad, en la cual se consideró los valores de significancia de Shapiro-Wilk porque la muestra evaluada fue menor a 50. Los valores obtenidos en la significancia fueron mayores a 0.05; que indica que el comportamiento de la resistencia a la tracción del bioplástico producido a partir de las características de los limonenos fueron normales y, por ende, se debe ejecutar para la contrastación de hipótesis una prueba paramétrica (Anova).

Tabla 14. Anova de resistencia a la tracción según características de limonenos

Características del bioplástico	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Resistencia a la tracción	Entre grupos	571,886	2	285,943	1261,761	0.00013346
	Dentro de grupos	1,360	6	0,227		
	Total	573,246	8			

Para ello, las hipótesis planteadas fueron:

H₀: Resultados tienen varianzas iguales

H₁: Al menos un resultado tiene varianza diferente

Los resultados brindaron valores menores a 0,05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se corrobora que al menos un resultado tiene varianza diferente.

Tabla 15. Prueba de normalidad de la elongación.

Características de los limonenos	Características del bioplástico	Mezcla	Shapiro-Wilk		
			Estadístico	gl	Sig.
<i>Citrus limon</i> (25.4°C, 5.34 pH, 1.003 g/cm ³)	Elongación	Mezcla 1	0,987	3	0,780
<i>Citrus sinensis</i> (2.8°C, 5.44 pH, 1.007 g/cm ³)		Mezcla 2	0,923	3	0,463
<i>Citrus reticulata</i> (24.8°C, .34 pH, 1.003 g/cm ³)		Mezcla 3	0,993	3	0,843

La Tabla 15, mostró los resultados de normalidad, en la cual se consideró los valores de significancia de Shapiro-Wilk porque la muestra evaluada fue menor a 50. Los valores obtenidos en la significancia fueron mayores a 0.05; que indica que el comportamiento de la elongación del bioplástico producido a partir de las características de los limonenos fueron normales y por ende, se debe ejecutar para la contrastación de hipótesis una prueba paramétrica (Anova).

Tabla 16. Anova de elongación según características de limonenos.

Características del bioplástico	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Elongación	Entre grupos	81,869	2	40,934	533,928	0.0017443
	Dentro de grupos	,460	6	0,077		
	Total	82,329	8			

Para ello, las hipótesis planteadas fueron:

H₀: Resultados tienen varianzas iguales

H₁: Al menos un resultado tiene varianza diferente

Los resultados brindaron valores menores a 0,05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se corrobora que al menos un resultado tiene varianza diferente.

Tabla 17. Prueba de normalidad de la biodegradación en agua de río.

Características de los limonenos	Características del bioplástico	Mezcla	Shapiro-Wilk		
			Estadístico	gl	Sig.
<i>Citrus limon</i> (25.4°C, 5.34 pH, 1.003 g/cm ³)	Biodegradación en agua de río	Mezcla 1	1,000	3	1,000
<i>Citrus sinensis</i> (2.8°C, 5.44 pH, 1.007 g/cm ³)		Mezcla 2	0,964	3	0,637
<i>Citrus reticulata</i> (24.8°C, .34 pH, 1.003 g/cm ³)		Mezcla 3	0,964	3	0,637

La Tabla 17, mostró los resultados de normalidad, en la cual se consideró los valores de significancia de Shapiro-Wilk porque la muestra evaluada fue menor a 50. Los valores obtenidos en la significancia fueron mayores a 0.05; que indica que el comportamiento de la biodegradación de agua de río del bioplástico producido a partir de las características de los limonenos fueron normales y por ende, se debe ejecutar para la contrastación de hipótesis una prueba paramétrica (Anova).

Tabla 18. Anova de biodegradación en agua de río según características de limonenos.

Características del bioplástico	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Biodegradación en agua de río	Entre grupos	65,940	2	32,970	207,546	0,000003
	Dentro de grupos	,953	6	0,159		
	Total	66,893	8			

Para ello, las hipótesis planteadas fueron:

H₀: Resultados tienen varianzas iguales

H₁: Al menos un resultado tiene varianza diferente

Los resultados brindaron valores menores a 0.05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se corrobora que al menos un resultado tiene varianza diferente.

Tabla 19. Prueba de normalidad de la biodegradación en agua de mar

Características de los limonenos	Características del bioplástico	Mezcla	Shapiro-Wilk		
			Estadístico	gl	Sig.
<i>Citrus limon</i> (25.4°C, 5.34 pH, 1.003 g/cm ³)		Mezcla 1	0,964	3	0,637
		Mezcla 2	1,000	3	1,000
<i>Citrus sinensis</i> (2.8°C, 5.44 pH, 1.007 g/cm ³)	Biodegradación en agua de mar	Mezcla 2	0,963	3	0,629
		Mezcla 3			

La Tabla 19, mostró los resultados de normalidad, en la cual se consideró los valores de significancia de Shapiro-Wilk porque la muestra evaluada fue menor a 50. Los valores obtenidos en la significancia fueron mayores a 0.05; que indica que el comportamiento de la biodegradación en agua de mar del bioplástico producido a partir de las características de los limonenos fueron normales y por ende, se debe ejecutar para la contrastación de hipótesis una prueba paramétrica (Anova).

Tabla 20. Anova de biodegradación en agua de mar según características de limonenos

Características del bioplástico	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Biodegradación en agua de mar	Entre grupos	338,635	2	169,317	1055,083	0.00022793
	Dentro de grupos	,963	6	0,160		
	Total	339,598	8			

Para ello, las hipótesis planteadas fueron:

H₀: Resultados tienen varianzas iguales

H₁: Al menos un resultado tiene varianza diferente

Los resultados brindaron valores menores a 0.05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se corrobora que al menos un resultado tiene varianza diferente.

Tabla 21. Prueba de normalidad de la biodegradación en suelo agrícola

Características de los limonenos	Características del bioplástico	Mezcla	Shapiro-Wilk		
			Estadístico	gl	Sig.
<i>Citrus limon</i> (25.4°C, 5.34 pH, 1.003 g/cm ³)	Biodegradación en suelo agrícola	Mezcla 1	0,964	3	0,637
<i>Citrus sinensis</i> (2.8°C, 5.44 pH, 1.007 g/cm ³)		Mezcla 2	0,963	3	0,629
<i>Citrus reticulata</i> (24.8°C, .34 pH, 1.003 g/cm ³)		Mezcla 3	0,964	3	0,637

La Tabla 21, mostró los resultados de normalidad, en la cual se consideró los valores de significancia de Shapiro-Wilk porque la muestra evaluada fue menor a 50. Los valores obtenidos en la significancia fueron mayores a 0.05; que indica que el comportamiento de la biodegradación en suelo agrícola del bioplástico producido a partir de las características de los limonenos fueron normales y por ende, se debe ejecutar para la contrastación de hipótesis una prueba paramétrica (Anova).

Tabla 22. Anova biodegradación en suelo agrícola según características de limonenos

Características del bioplástico		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Biodegradación en suelo agrícola	Entre grupos	338,560	2	169,280	855,574	0.00042661
	Dentro de grupos	1,187	6	0,198		
	Total	339,747	8			

Para ello, las hipótesis planteadas fueron:

H₀: Resultados tienen varianzas iguales

H₁: Al menos un resultado tiene varianza diferente

Los resultados brindaron valores menores a 0.05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se corrobora que al menos un resultado tiene varianza diferente.

A través de las pruebas de ANOVA (Tabla 14, 16, 18 y 22) aplicado a los bioplásticos según las características del limoneno, se pudo comprobar las hipótesis planteadas:

Ho: Las características del limoneno de *Citrus limon*, *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata* no permiten la producción de bioplástico en Independencia, 2023.

Ha: Las características del limoneno de *Citrus limon*, *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata* permiten la producción de bioplástico en Independencia, 2023.

Asimismo, se consideró la siguiente regla de decisión:

- Si $p\text{-valor} < \alpha$: rechaza H_0
- Si $p\text{-valor} > \alpha$: no rechaza H_0

Los valores de significación (sig) fueron menores a 0,05; por lo tanto, según la regla de decisión se rechaza la hipótesis nula. En conclusión, las características del limoneno de *Citrus limon*, *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata* permiten la producción de bioplástico.

4.4.2. Análisis de hipótesis específica 2

A fin de ejercer la contrastación de la hipótesis específica 2, fue necesario determinar si la mezcla de limoneno de *Citrus limon*, *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata* es óptima para la propiedad física del bioplástico. Previo a ello, se evaluó la prueba de normalidad.

Tabla 23. Prueba de normalidad de las propiedades físicas según mezcla

Mezcla	Característica	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Mezcla 1	Biodegradación en agua de río	1,000	3	1,000
	Biodegradación en agua de mar	0,964	3	0,637
	Biodegradación en suelo agrícola	0,964	3	0,637
Mezcla 2	Biodegradación en agua de río	0,964	3	0,637
	Biodegradación en agua de mar	1,000	3	1,000
	Biodegradación en suelo agrícola	0,963	3	0,629
Mezcla 3	Biodegradación en agua de río	0,964	3	0,637
	Biodegradación en agua de mar	0,963	3	0,629
	Biodegradación en suelo agrícola	0,964	3	0,637

La Tabla 23, mostró los resultados de normalidad, en la cual se consideró los valores de significancia de Shapiro-Wilk porque la muestra evaluada fue menor a 50. Los valores obtenidos en la significancia fueron mayores a 0.05; que indica que el comportamiento físico del bioplástico producido a partir de las mezclas fueron normales y por ende, se debe utilizar para la contrastación de hipótesis una prueba paramétrica (Anova - Post hoc tukey)

Tabla 24. Anova de la biodegradación en agua de río según mezcla

Características del bioplástico		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Biodegradación en agua de río	Entre grupos	65,940	2	32,970	207,546	0,000003
	Dentro de grupos	,953	6	0,159		
	Total	66,893	8			

De la tabla 24, las hipótesis planteadas fueron:

H₀: Resultados tienen varianzas iguales

H₁: Al menos un resultado tiene varianza diferente

Los resultados brindaron valores menores a 0.05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se corrobora que al menos un resultado tiene varianza diferente.

Tabla 25. *Anova de la biodegradación en agua de mar según mezcla*

Características del bioplástico		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Biodegradación en agua de mar	Entre grupos	338,635	2	169,317	1055,083	0.00022793
	Dentro de grupos	,963	6	0,160		
	Total	339,598	8			

De la tabla 25 las hipótesis planteadas fueron:

H₀: Resultados tienen varianzas iguales

H₁: Al menos un resultado tiene varianza diferente

Los resultados brindaron valores menores a 0,05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se corrobora que al menos un resultado tiene varianza diferente.

Tabla 26. *Anova de la biodegradación en suelo agrícola según mezcla*

Características del bioplástico		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Biodegradación en suelo agrícola	Entre grupos	338,560	2	169,280	855,574	0.00042661
	Dentro de grupos	1,187	6	0,198		
	Total	339,747	8			

De la tabla 26 las hipótesis planteadas fueron:

H₀: Resultados tienen varianzas iguales

H₁: Al menos un resultado tiene varianza diferente

Los resultados brindaron valores menores a 0,05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se corrobora que al menos un resultado tiene varianza diferente.

A través de las pruebas de ANOVA (Tabla 24, 25 y 26) aplicado a los bioplásticos según las mezclas del limoneno, se pudo comprobar que al menos

un resultado tiene varianza diferente. Sin embargo, para determinar “la mezcla óptima”, fue necesario realizar la prueba Post Hoc Tukey.

Tabla 27. Prueba de Post Hoc Tukey de la biodegradación en agua de río

Variable dependiente	(I) Dosis	(J) Dosis	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
Biodegradación en agua de río	Mezcla 1	Mezcla 2	-3,97333*	0,32543	0.000045
		Mezcla 3	-6,58333*	0,32543	0.000002
	Mezcla 2	Mezcla 1	3,97333*	0,32543	0.000045
		Mezcla 3	-2,61000*	0,32543	0.000492
	Mezcla 3	Mezcla 1	6,58333*	0,32543	0.000002
		Mezcla 2	2,61000*	0,32543	0.000492

La tabla 27, mostró que la mezcla 3 presentó la mayor diferencia de medias (6,58333), representando la mezcla óptima.

Tabla 28. Prueba de Post Hoc Tukey de la biodegradación en agua de mar

Variable dependiente	(I) Dosis	(J) Dosis	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
Biodegradación en agua de mar	Mezcla 1	Mezcla 2	-7,94667*	0,32709	0.0094271
		Mezcla 3	-15,01667*	0,32709	0.0025216
	Mezcla 2	Mezcla 1	7,94667*	0,32709	0.0094271
		Mezcla 3	-7,07000*	0,32709	0.000002
	Mezcla 3	Mezcla 1	15,01667*	0,32709	0.0025216
		Mezcla 2	7,07000*	0,32709	0.000002

La tabla 28, mostró que la mezcla 3 presentó la mayor diferencia de medias (15,01667), representando la mezcla óptima.

Tabla 29. Prueba de Post Hoc Tukey de la biodegradación en suelo agrícola

Variable dependiente	(I) Dosis	(J) Dosis	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
Biodegradación en suelo agrícola	Mezcla 1	Mezcla 2	-5,33333*	0,36319	0.000016
		Mezcla 3	-14,83000*	0,36319	0.0026073
	Mezcla 2	Mezcla 1	5,33333*	0,36319	0.0067412
		Mezcla 3	-9,49667*	0,36319	0.0067412
	Mezcla 3	Mezcla 1	14,83000*	0,36319	0.0026073
		Mezcla 2	9,49667*	0,36319	0.0067412

La tabla 29, mostró que la mezcla 3 presentó la mayor diferencia de medias (14,83000), representando la dosis óptima.

A partir de los resultados recopilados, se puso a prueba las siguientes hipótesis:

H₀: La mezcla 3 de limoneno de *Citrus limon*, *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata* no es óptima para la propiedad física de bioplástico en Independencia, 2023.

H_a: La mezcla 3 de limoneno de *Citrus limon*, *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata* es óptima para la propiedad física (biodegradación) de bioplástico en Independencia, 2023.

Donde se consideró la siguiente regla de decisión:

- Si p-valor < α : rechaza H₀
- Si p-valor > α : no rechaza H₀

Por lo tanto, al obtener valores de significación (sig) menores a 0.05 y mayor diferencia de medias con la mezcla 3, se rechaza la hipótesis nula. En conclusión, la mezcla 3 de limoneno de *Citrus limon*, *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata* es óptima para la propiedad física (biodegradación) de bioplástico.

4.4.3. Análisis de hipótesis específica 3

A fin de ejercer la contrastación de la hipótesis específica 3, fue necesario determinar si la mezcla de limoneno de *Citrus limon*, *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata* es óptima para la propiedad mecánica del bioplástico. Previo a ello, se evaluó la prueba de normalidad.

Tabla 30. Prueba de normalidad de las propiedades mecánicas según mezcla

Mezcla	Característica	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Mezcla 1	Resistencia a la tracción	0,930	3	0,490
	Elongación	0,987	3	0,780
Mezcla 2	Resistencia a la tracción	0,984	3	0,756
	Elongación	0,923	3	0,463
Mezcla 3	Resistencia a la tracción	0,992	3	0,827
	Elongación	0,993	3	0,843

La Tabla 30, mostró los resultados de normalidad, en la cual se consideró los valores de significancia de Shapiro-Wilk porque la muestra evaluada fue menor a 50. Los valores obtenidos en la significancia fueron mayores a 0.05; que indica que el comportamiento mecánico del bioplástico producido a partir de las mezclas fueron normales y por ende, se debe utilizar para la contrastación de hipótesis una prueba paramétrica (Anova - Post hoc tukey)

Tabla 31. Anova de la resistencia a la tracción según mezcla

Características del bioplástico		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Resistencia a la tracción	Entre grupos	571,886	2	285,943	1261,761	0.00013346
	Dentro de grupos	1,360	6	0,227		
	Total	573,246	8			

De la tabla 31, las hipótesis planteadas fueron:

H₀: Resultados tienen varianzas iguales

H₁: Al menos un resultado tiene varianza diferente

Los resultados brindaron valores menores a 0.05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se corrobora que al menos un resultado tiene varianza diferente.

Tabla 32. *Anova de la elongación según mezcla.*

Características del bioplástico		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Elongación	Entre grupos	81,869	2	40,934	533,928	0.0017443
	Dentro de grupos	,460	6	0,077		
	Total	82,329	8			

De la tabla 32, las hipótesis planteadas fueron:

H₀: Resultados tienen varianzas iguales

H₁: Al menos un resultado tiene varianza diferente

Los resultados brindaron valores menores a 0.05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se corrobora que al menos un resultado tiene varianza diferente.

A través de las pruebas de ANOVA (Tabla 31 y 32) aplicado a los bioplásticos según las mezclas del limoneno, se pudo comprobar que al menos un resultado tiene varianza diferente. Sin embargo, para determinar “la mezcla óptima”, fue necesario realizar la prueba Post Hoc Tukey.

Tabla 33. *Prueba de Post Hoc Tukey de la resistencia a la tracción*

Variable dependiente	(I) Dosis	(J) Dosis	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
Resistencia a la tracción	Mezcla 1	Mezcla 2	-11,08333*	0,38869	0.0048205
		Mezcla 3	-19,46333*	0,38869	0.0002499
	Mezcla 2	Mezcla 1	11,08333*	0,38869	0.0048205
		Mezcla 3	-8,38000*	0,38869	0.000002
	Mezcla 3	Mezcla 1	19,46333*	0,38869	0.0002499
		Mezcla 2	8,38000*	0,38869	0.000002

La tabla 33, mostró que la mezcla 3 presentó la mayor diferencia de medias (19,46333), representando la mezcla óptima.

Tabla 34. Prueba de Post Hoc Tukey de la elongación.

Variable dependiente	(I) Dosis	(J) Dosis	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
Elongación	Mezcla 1	Mezcla 2	-4,16667*	0,22608	0.000004
		Mezcla 3	-7,36667*	0,22608	0.0033512
	Mezcla 2	Mezcla 1	4,16667*	0,22608	0.000004
		Mezcla 3	-3,20000*	0,22608	0.000019
	Mezcla 3	Mezcla 1	7,36667*	0,22608	0.0033512
		Mezcla 2	3,20000*	0,22608	0.000019

La tabla 34, mostró que la mezcla 3 presentó la mayor diferencia de medias (7,36667), representando la mezcla óptima.

A partir de los resultados recopilados, se puso a prueba las siguientes hipótesis:

Ho: La mezcla 3 de limoneno de *Citrus limon*, *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata* no es óptima para las propiedades mecánicas (Resistencia a la tracción y elongación) del bioplástico en Independencia, 2023.

Ha: La mezcla 3 de limoneno de *Citrus limon*, *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata* es óptima para las propiedades mecánicas (Resistencia a la tracción y elongación) del bioplástico en Independencia, 2023.

Donde se consideró la siguiente regla de decisión:

- Si p-valor < α : rechaza Ho
- Si p-valor > α : no rechaza Ho

Por lo tanto, al obtener valores de significación (sig) menores a 0.05 y mayor diferencia de medias con la mezcla 3, se rechaza la hipótesis nula. En conclusión, la mezcla 3 de limoneno de *Citrus limon*, *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata* es óptima las propiedades mecánicas (Resistencia a la tracción y elongación) del bioplástico.

Contrastación de hipótesis general

Ho: No se produce bioplástico a partir de la mezcla de limoneno de *Citrus limon*, *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata* en Independencia, 2023.

Ha: Se produce bioplástico a partir de la mezcla de limoneno de *Citrus limon*, *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata* en Independencia, 2023.

Los valores obtenidos de las hipótesis específicas, fueron menores a 0.05, que según la regla de decisión (Si $p\text{-valor} < \alpha$ (0,05): rechaza H_0). Por lo tanto, se concluye que es posible producir bioplástico a partir de la mezcla de limoneno de *Citrus limon*, *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata*.

V. DISCUSIÓN

En el estudio se elaboró bioplásticos a partir de la inclusión de limoneno extraído de las cáscaras de limón (*Citrus limon*), naranja (*Citrus sinensis*) y mandarina (*Citrus reticulata*), que presentaron temperaturas de 24.8, 24.8 y 25.4 °C; potencial de hidrógeno de 5.34, 5.44 y 4.08; y densidades de 1.003, 1.007 y 1.015 g/cm³ respectivamente en las mezclas. Esto es similar a lo desarrollado por Cheng et al (2022), quienes emplearon limoneno como materia prima económica para reemplazar algunos tipos de monómeros del petróleo y obtener un plástico biodegradable y ecoamigable. Asimismo, Brüster et al. (2019), nos revela que la inclusión del limoneno en la elaboración de un plástico, brinda mejores condiciones de resistencia en las propiedades mecánicas al plástico. Al respecto, Sessini et al. (2019), sostiene que el limoneno mejora de las propiedades del ácido poliláctico (bioplástico) en términos de flexibilidad, resistencia a la tracción y biodegradabilidad. Por lo tanto, el estudio proporcionó una fuente renovable para la fabricación de plásticos que cuenten adecuadas propiedades mecánicas (tracción y elongación) y fácil degradación al final de su uso para contrarrestar los problemas provocados por los plásticos tradicionales que contaminan el ambiente al no ser degradados con facilidad, liberar gases tóxicos conforme el avance de los años por ser abandonados frecuentemente en cualquier zona.

La mezcla óptima para la obtención de bioplástico que presentó mejores resultados físicos fue la mezcla 3 que estuvo compuesta por 20 mL. limoneno de limón + 25 mL limoneno de naranja + 30 mL de limoneno de mandarina + 25 mL de glicerina + 10 mL de agua destilada + 15 mL de ácido acético, porque la biodegradación máxima alcanzada en tres semanas fue de 41.09% bajo exposición de suelo agrícola húmedo, 35,27% en agua de mar, 19,21% en agua de río. Contrastando con Puraca, Durand & Herrera (2021), produjeron bioplástico a partir de residuo orgánico, glicerina, ácido acético y agua destilada, logrando una capacidad de degradabilidad de 64.21% a los 90 días. Del mismo modo, Chapuel y Reyes (2019), elaboraron bioplásticos con la extracción de almidón, determinando que la mezcla de almidones al 3.43%, agua al 86.92%,

ácido acético al 2.29% y glicerina al 3.43% logró un 99.27% de biodegradación en 90 días. En tanto, Armijos (2021), produjeron plásticos orgánicos con mezclas de almidón (4g), glicerina (4g) y temperatura de 82°C, alcanzando a los 30 días una biodegradabilidad de 67.57%. Sin embargo, Córdova (2021), elaboraron bioplástico de pectina de residuos de cacao y aceite esencial de limón. Determinando que la mezcla óptima fue 3% de pectina, 1.5% de glicerina, agua destilada y limoneno, manteniendo una temperatura de 55°C durante 24 horas, obteniendo una biodegradación de 41.03% bajo exposición en suelo agrícola, 9.68% en condiciones normales en el ambiente y 100% en exposición en agua a lo largo de 30 días, por lo tanto, a través de estas comparaciones se puede inferir que la humedad tiene una relación directa con la generación de microorganismo, que a su vez acelera de forma natural el proceso de biodegradación. Asimismo, si un bioplástico es introducido en un suelo agrícola húmedo de alto contenido microbiológico tendrá un alto nivel de biodegradabilidad de bioplástico.

La mezcla óptima para la obtención de bioplástico que presentó mejores resultados mecánicos fue la mezcla 3 que estuvo compuesta por 20 mL limoneno de limón + 25 mL limoneno de naranja + 30 mL de limoneno de mandarina + 25 mL de glicerina + 10 mL de agua destilada + 15 mL de ácido acético, porque la fuerza de tracción máxima alcanzada fue de 31.32 N/cm² y elongación máxima de 11.73 %, demostrando que el limoneno es un plastificante eficiente que incrementó la fuerza de tracción y la elongación del bioplástico. Además, en comparación a lo realizado por Marsi, *et al.* (2019), quienes emplearon una mezcla óptima de 60% de cáscara de naranja con 40% de resina epoxi y endurecedor, su mayor resistencia a la tracción sólo fue de 52,26 kg/cm². Asimismo, Alata, *et al.* (2019), aplicaron una mezcla de 20% de cáscara cítrica y 40% de pectina y glicerina (40%), logrando también una baja resistencia a la tracción de 56.39 kg/cm² y elongación de 51,60 %. Contrastando con Peña, *et al.* (2020), quienes emplearon dióxido de carbono, óxido de limoneno (de residuos de cáscara de cítricos) y ε-decalactona (de triglicéridos) para obtener bioplásticos, determinando que el plástico óptimo combinó resistencia a la tracción (esfuerzo a la rotura = 21,2 MPa, Módulo de Young = 321 MPa) y alta

elasticidad (alargamiento a la rotura = 400%). Del mismo modo, Sessini, et al. (2019), reveló que el limoneno en las propiedades del plástico con la adición de solo el 10 % en peso condujo a la modificación y mejora de las propiedades en términos de flexibilidad y resistencia. Asimismo, Opresto, et al. (2019), extrajeron el aceite esencial de las cáscaras de limón por el método de fluidos supercíclicos, empleándolas para la producción de bioplástico, que en la prueba mecánica alcanzaron una resistencia de 15 MPa. Por lo tanto, la inclusión del limoneno en las mezclas proporciona al bioplástico mayor resistencia a la tracción y elongación.

VI. CONCLUSIONES

Culminado el estudio, se concluye que el limoneno extraído de las cáscaras de *Citrus limon*, *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata* es un componente esencial que permite producir bioplástico resistentes, flexibles y biodegradables.

En el estudio los limonenos pertenecientes a las cáscaras de limon (*Citrus limon*), naranja (*Citrus sinensis*) y mandarina (*Citrus reticulata*), presentaron temperaturas 24.8, 24.8 y 25.4 °C; potencial de hidrógeno de 5.34, 5.44 y 4.08 unidades; y densidades de 1.003 g/cm³, 1.007 g/cm³ y 1.015 g/cm³ respectivamente, que permitieron la determinación de la caracterización de limoneno.

La mezcla óptima que obtuvo mejores resultados físico fue la mezcla 3 que estuvo compuesta por 20 mL limoneno de limón + 25 mL limoneno de naranja + 30 mL de limoneno de mandarina + 25 mL de glicerina + 10 mL de agua destilada + 15 mL de ácido acético, porque la biodegradación máxima alcanzada fue de 41.09% en tres semanas bajo exposición de suelo agrícola porque la humedad aumentó la generación de microorganismo que aceleraron de forma natural el proceso de biodegradación.

Para la obtención de los resultados físico-mecánicos, la mezcla 3 fue óptima, ya que estuvo compuesta por 20 mL limoneno de limón, 25 mL limoneno de naranja, 30 mL de limoneno de mandarina, 25 mL de glicerina, 10 mL de agua destilada, 15 mL de ácido acético; porque la fuerza de tracción máxima alcanzada fue de 31.32 N/cm² y elongación máxima de 11.73 %, demostraron que la mezcla del limoneno es un plastificante eficiente que incrementó la fuerza de tracción y la elongación del bioplástico.

VII. RECOMENDACIONES

Evaluar diversos prototipos (formas y dimensiones) del bioplástico de limoneno, con la finalidad de encontrar el mejor uso que se le puede asignar al bioplástico elaborado.

Evaluar el tiempo que el bioplástico de limoneno tarda en alcanzar su completa biodegradación con distintas dimensiones de presentación y en diversos medios de exposición.

Evaluar una mayor cantidad de mezcla, que permitan determinar el máximo nivel de resistencia a la tracción y elongación que puede alcanzar el bioplástico de limoneno.

Evaluar la viabilidad de los residuos de cáscaras cítricas para la obtención de limoneno, a fin de atraer su aplicación (aprovechamiento de residuos) para la elaboración de diversos productos plásticos.

REFERENCIAS

- Alata, E., Cuadros, Y., Miranda, L., & Medina, E. (2019). Biodegradable Films Produced with Orange Peel and Reinforced by Bacterial Cellulose. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 85(2), 231-241. Recuperado en 30 de septiembre de 2022, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2019000200010&lng=es&tlng=en.
- Aponte, A. y Benavides, Y. Evaluación de los residuos orgánicos del exocarpio de pepino cohombro (*Cucumis sativus*) y del mesocarpio de granadilla (*Passiflora ligularis*) como alternativa de materia prima para la obtención de pectinas. [en Línea]. 2018. [Fecha de consulta: 02 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/25560/aapontec.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Armijos, A. (2021). Obtención de bioplástico a partir del almidón de semillas de yaca (*Artocarpus Heterophyllus*) y aguacate hass (*Persea Americana*) para su uso en el recubrimiento de alimentos. [Ingeniera química, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Ecuador. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16824>
- Azorin, F. (1970). Curso de muestreo y aplicaciones. (No. 2° edición). [fecha de consulta: 26 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/autor?codigo=252919>
- Baranse Ozturk, James Winterburn, Maria Gonzalez-Miquel, Orange peel waste valorisation through limonene extraction using bio-based solvents, *Biochemical Engineering Journal*, Volume 151, 2019. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1369703X19302347>
- Barandiaran, A. (2022). Desarrollo del proceso de extracción del almidón de residuos de patata y caracterización del mismo con el fin de validar su utilización para la elaboración de películas de bioplástico. [Tesis maestría, Universidad Politécnica de Valencia]. <https://riunet.upv.es/handle/10251/188964>

- Berger, P., Cachutt, C., Dominguez, J., Hernández, L., Ortega, D., Macías, M, Licea, S. Biopolímeros obtenidos a partir de residuos de naranja basados en un árbol de decisión", 2020 *IEEE ANDESCON*, 2020, pp. 1-6. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9271999/authors#authors>
- Brüster B, Adjoua YO, Dieden R, Grysan P, Federico CE, Berthé V, Addiego F. Plastificación de polilactida con mirceno y limoneno como plastificantes de base biológica: extrusión convencional frente a extrusión reactiva. *Polímeros*, 2019; 11(8):1-21. <https://www.mdpi.com/2073-4360/11/8/1363/htm>
- Córdova, L. (2021). Obtención y caracterización de una biopelícula a partir de residuos de cacao (theobroma cacao l.) y aceite esencial de limón (citrus limon) para el uso en alimentos. [Ingeniero Químico, Escuela Superior Politécnica De Chimborazo]. <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/16730>
- Chapuel, A. y Reyes, J. (2019). Obtención de una película biodegradable a partir de los almidones de semilla de aguacate (persea americana mill) y banano (musa acuminata aaa) para el recubrimiento de papaya. (Ingeniero químico, Universidad de Guayaquil). <https://es.slideshare.net/JomaBarrera/401-1355-obtenc-pelicula-biodegradable-partir-almidones-semilla-de-aguacate>
- Cheng, B., Shaowu, L., Jingli, L. y Yuyang, X. Materiales plásticos de base biológica a partir de biomasa renovable: preparación y aplicaciones, SPIE Digital Library, 2022. <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/12255/122552S/Bio-based-plastic-materials-from-renewable-biomass--preparation-and/10.1117/12.2641140.short?SSO=1&tab=ArticleLink>
- Chinchayhuara, Rosario y Quispe, Rocío. Elaboración de bioplásticos con residuos orgánicos a base de cáscara de plátano y mango para reducir la contaminación por el uso de plásticos sintéticos en Trujillo. [en Línea]. 2018. [Fecha de consulta: 20 de setiembre de 2022]. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/35806/chinchayhuara_cr.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Domínguez, J., Berger, P., Hernández, L., Ortega, D., Macías, M., Cachutt, C. Bioplastic made of orange peels. DYNA. March-Abril 2022, vol. 97, no. 2, p. 203-209. <https://eds.p.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=563cbd-ad-6a52-4a19-808f-3fd38b0b8ce0%40redis>
- El Peruano (2021). Peruanos generamos 21 mil toneladas diarias de basura. [Fecha de consulta: 21 de setiembre de 2022]. <https://elperuano.pe/noticia/120825-peruanos-generamos-21-mil-toneladas-diarias-debasura>
- Escasa, K., Alindayu, R., Riña, G., Mopon, M., Tumolva, T. Rendimiento de D-limoneno/etanol en la recuperación selectiva de PE de laminados LDPE/VMPET/PET. Materiales clave de ingeniería, 2020, 833(1): 134-138. <https://www.scientific.net/KEM.833.134>
- Fehlberg, J., Lee, C., Matuana, L., Almenar, E. Residuos de piel de naranja de zumos como materia prima para compuestos plásticos destinados a su uso en envases de alimentos. Revista de ciencia aplicada de polímeros, 2020, 137 (26). <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/app.48841>
- García, J. (2019). Efecto de la temperatura y tipo de simulante de alimento en la cinética de liberación de limoneno a partir de envase activo de PEBD. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras, p. 33. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/2e0c4d2c-3447-489e-b06c-3589cd868ee2/content>
- González, M., Palenzuela, M., Sessini, V., Damián, J., Sánchez, D. El limoneno: uno de los terpenos más usados y su papel en la industria de los bioplásticos. Revista de plásticos modernos: Ciencia y tecnología de polímeros, 2020, 119(757): 1-11. <https://ebuah.uah.es/dspace/handle/10017/44505>
- Hernández, R. y Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Mc Graw Hill Interamericana. <https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>
- Hernández, R. (2014). Metodología de la Investigación. Sexta Edición. McGraw-Hill [en línea]. [fecha de consulta: 25 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

- Hoang, H., Qi, P., Rostagno, M., Feteha, A. & Miller, S. La búsqueda de bioplásticos de alta temperatura de transición vítrea, revista de química de materiales A, 2018, 1(20): 9298-9331. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2018/ta/c8ta00377g/unauth>
- Iglesias, M. (2020). Desarrollo de mezclas de poliésteres derivados de recursos renovables como estrategia para obtener un nuevo material completamente biodegradable apto para envases. [Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Mar del Plata]. Repositorio institucional. <http://rinfi.fi.mdp.edu.ar/bitstream/handle/123456789/433/MLIglesiasMontes-TD-M-2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Jimenez, M. (2019). Fraccionamiento al vacío de aceites esenciales: Separación de limoneno. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://core.ac.uk/download/pdf/323342815.pdf>
- Khandare, R., Tomke, P., Rathod, V. Kinetic modeling and process intensification of ultrasound-assisted extraction of d-limonene using citrus industry waste, Chemical Engineering and Processing - Process Intensification, 159 (1), 2021. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0255270120306437>
- Marsi, N., Huzaisham, NA, Hamzah, AA, Zainudin, AZ, Mohd Rus, AZ, Leman, AM, Rahmad, R., Mahmood, S., Abdul Rashid, AH, Mohd Harun, D. y Darlis, N. (2019). Plástico Biodegradable a base de Cáscara de Naranja para Aplicación de Empaques. *Revista de Diseño para la Sustentabilidad y el Medio Ambiente*, 2019, 1 (2): 1-6. <http://fazpublishing.com/jdse/index.php/jdse/article/view/9>
- Merve Tuğçe Tunç, Halil İbrahim Odabaş. Single-step recovery of pectin and essential oil from lemon waste by ohmic heating assisted extraction/hydrodistillation: A multi-response optimization study, Innovative Food Science & Emerging Technologies, Volume 74, 2021. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1466856421002514>
- Minchola, G. 2019. Elaboración y degradación de bioplástico de residuos de *Solanum tuberosum* y *Tropaeolum tuberosum* en lugares de bajas temperatura - Oyón, 2019. [en Línea]. 2019. [Fecha de consulta: 20 de

- setiembre de 2022]. Disponible en:
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/45862/Minc_hola_SGV-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ministerio del Ambiente – MINAM. (2019). Minam: 70% de los residuos que generamos pueden convertirse en nuevos productos. <https://sinia.minam.gob.pe/novedades/minam-70-residuos-que-generamos-pueden-convertirse-nuevos-productos>
- Ministerio del Ambiente – MINAM (2020). Cifras del mundo. [Fecha de consulta: 21 de setiembre de 2022]. <https://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/cifras-del-mundo-y-el-peru/#:~:text=En%20promedio%2C%20se%20usan%20al,mil%20bolsas%20por%20cada%20minuto.>
- Monje, C. (2011). Metodología de la Investigación cuantitativa y cualitativa. Guía didáctica. Neiva: Universidad Surcolombiana. [fecha de consulta: 23 de mayo de 2022]. Disponible en:
<https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>
- Morocho, María, Dalgo, Violeta, Flores, Linda, Chango, Gabriela. Caracterización físico química y mecánica de bioplásticos obtenidos a partir del trigo y cebada. Dominio de las ciencias, 2021, Vol 7, núm. 4, pp. 623-637. Disponible en:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8383970>
- Opresto, C., Meluso, A., Di Sanzo, G., Chakraborty, S. y Calabró, V. Valorización de residuos intensificada por procesos y extracción de D-limoneno respetuosa con el medio ambiente. *Revista Euromediterránea de Integración Ambiental volumen 4*, 31 (2019).
<https://link.springer.com/article/10.1007/s41207-019-0122-0#citeas>
- Oliveira, E., Da Silva, B. & Vieira, R. Condiciones experimentales óptimas para mejorar el rendimiento de poli(limoneno) a partir de polimerización fotoinducida. *Revista de Polímeros y Medio Ambiente*, 2021, 29(1): 1–11.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10924-020-02010-4>
- Parrino, F., Fidalgo, A., Palmisano, L., Ilharco, L., Pagliaro, M. y Ciriminna, R. Polymers of Limonene Oxide and Carbon Dioxide: Polycarbonates of the

- Solar Economy. ACS Omega. 2018; 3(5): 4884–4890.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6641970/>
- Peña, L., Chen, T., Gregory, G., Sulley, G. and Williams, C. High elasticity, chemically recyclable, thermoplastics from bio-based monomers: carbon dioxide, limonene oxide and ϵ -decalactone. Green Chemistry., 2020, 22, 8298–8307.
<https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2020/gc/d0gc02295k>
- Pineda, B., De Alvarado, E. y De Canales, F. Metodología de la investigación, manual para el desarrollo de personal de salud. Organización Panamericana de la Salud [en línea]. 1994, 1(2), 1-225. [fecha de consulta: 24 de mayo de 2022]. Disponible en:
<http://187.191.86.244/rceis/registro/Metodologia%20de%20la%20Investigacion%20Manual%20para%20el%20Desarrollo%20de%20Personal%20de%20Salud.pdf>
- Puraca, Emely., Durand, Flor. & Herrera, Victor. Elaboracion de bioplástico a partir del almidon de Taro (Colocasia Esculenta). Tesis (Título Profesional de Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad Peruana Unión, 2021. Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/4825>
- Ledesma, Alexandra, FLORES, Linda, DALGO, Violeta, CHANGO, Gabriela. Bioplásticos de almidón de maíz y quinua para uso como envolturas alimenticias biodegradables. Dominio de las ciencias, 2021, Vol 7, núm. 4, pp. 39-56. Disponible en:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8229776>
- Ramírez, J., Castillo, B., Benavides, J., et al. (2018). Metodología de la Investigación e Investigación Aplicada para Ciencias Económicas y Administrativas. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.
<https://opomania.net/wp-content/uploads/2021/05/Metadologia-de-la-investigacion-basica-e-investigacion-aplicada.pdf>
- Ramos, C. Diseños de investigación experimental. CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica, 2021, 10 (1): 1-7. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7890336>

- Ramos, M.; Cadenas, M.; Bolio, G.; Leo, G.; Maciel, A.; Castañeda, C.; Ramos, J. Biopelículas a base de pectina de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*): Caracterización física, química y estructural. *Agroindustrial Science*, 2020, 10(3): 273-278. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/3227/3962>
- Ramos, M., Gonçalves, S., Marangoni, L., Vercelino, R. y Pioli, R. Propiedades fisicoquímicas de películas a base de quitosano incorporadas con limoneno. *Revista de Medición y Caracterización de Alimentos*, 2022, 16(1): 2011–2023. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11694-022-01337-x>
- Ruiz, M., Pastor, K. y Acevedo, A. Biodegradabilidad de artículos desechables en un sistema de composta con lombriz. [en Línea]. *Revista Información Tecnológica*. 24(2): 47-56, 2013. [Fecha de consulta: 12 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v24n2/art07.pdf>
- Sánchez, H. Reyes, C. & Mejía, K. (2018). Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística. Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú. Libro Virtual. <https://www.urp.edu.pe/pdf/id/13350/n/libro-manual-de-terminos-en-investigacion.pdf>
- Sánchez, K. Comparación de la calidad de bioplásticos obtenidos del almidón de los residuos de papa y camote de restaurantes del mercado central del distrito de independencia. [en Línea]. 2017. [Fecha de consulta: 07 de mayo de 2021]. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/12651/Sanchez_HKR.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Sarder, MR, Alamgir, M. (2019). Caracterización del Aceite Esencial Extraído de un Residuo de Cocina: Cáscara de Limón. En: Ghosh, S. (eds) Valorización y reciclaje de residuos. Springer, Singapur. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-13-2784-1_48#citeas
- Sessini, V., Arrieta, M., Raquez, J., Dubois, P., Kenny, J., Peponi, L. Degradación térmica y compostaje de mezclas de almidón EVA/termoplástico y sus nanocompuestos, *Polymer Degradation and Stability*, 2019, 159 (1): 184-198. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141391018303811>

- Shahida Anusha Siddiqui, Maximilian Julius Pahmeyer, Elham Assadpour, Seid Mahdi Jafari, Extraction and purification of d-limonene from orange peel wastes: Recent advances, *Industrial Crops and Products*, Volume 177, 2022.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669021012498>
- Solarte, D., Camargo, M. y Carrillo, J. Elaboración de un modelo de biopolímero a partir de residuos orgánicos para el recubrimiento de prótesis de miembros superiores. *Eiei Acofi*, sep. 2021.
<https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/1809>
- Tran, T, Mai, B., Setti, C. y Athanassiou, A. Bioplástico transparente derivado de polímero a base de CO₂ funcionalizado con extracto de desecho de orégano para el envasado activo de alimentos. *Interfaces y materiales aplicados de ACS*, 2020, 12 (41), 46667-46677.
<https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acsami.0c12789>
- Valentina Sessini, Miguel Palenzuela, Jesús Damián, Marta E.G. Mosquera, Bio-based polyether from limonene oxide catalytic ROP as green polymeric plasticizer for PLA. *Polymer*, Volume 210, 2020, 1 de diciembre de 2020.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0032386120308284>
- Xiong, K., Chen, Y. Supercritical carbon dioxide extraction of essential oil from tangerine peel: Experimental optimization and kinetics modelling, *Chemical Engineering Research and Design*, 2020, 164 (1): 412-423.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263876220304962>
- Yaradoddi, J., Banapurmath, N., Ganachari, S., Soudagar, M., Sajjan, A., Kamat, S., Mujtaba, M., Shettar, A., Anqi, A., Safaei, M., Elfasakhany, A., Haque, M., Ashraf, M. Bio-based material from fruit waste of orange peel for industrial applications, *Journal of Materials Research and Technology*, 2022, 17(1): 3186-3197.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2238785421009972>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz Operacional

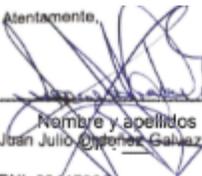
VARIABLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES		UNIDAD DE MEDICIÓN
I N D E P E N D I E N T E	Limoneno de <i>Citrus limon</i> , <i>Citrus sinensis</i> y <i>Citrus reticulata</i>	El Limoneno tiene gran potencial químico como aditivo natural o monómero en los procesos catalíticos, proporcionando productos plásticos con excelentes propiedades físico-mecánicas que amplían su nivel de funcionalidad y aplicación (Parrino, et al., 2018).	Se determinará las características de Limoneno de <i>Citrus limon</i> , <i>Citrus sinensis</i> y <i>Citrus reticulata</i> . Asimismo, se evaluará tres mezclas de Limoneno de <i>Citrus limon</i> , <i>Citrus sinensis</i> y <i>Citrus reticulata</i>	Características del Limoneno de <i>Citrus limon</i> , <i>Citrus sinensis</i> y <i>Citrus reticulata</i>	Volumen		mL
					Temperatura		°C
					Potencial de hidrógeno		Unidad de pH
					Densidad		g/cm ³
				Mezcla 1	10 mL. Limoneno de limón, 15 mL limoneno de naranja y 20 mL de limoneno de mandarina	mL.	
					Mezcla 2	15 mL. Limoneno de limón, 20 mL limoneno de naranja y 25 mL de limoneno de mandarina	mL.
					Mezcla 3	20 mL. Limoneno de limón, 25 mL limoneno de naranja y 30 mL de limoneno de mandarina	mL.
D E P E N D I E N T E	Producción de bioplástico	Los bioplásticos son plásticos elaborados a base de residuos orgánicos que los convierte en ecoamigables y con características fisicomecánicas competitivas (Chinchayhuara y Quispe, 2018).	Para determinar si el bioplástico elaborado cumple con los requisitos mínimos para ser considerado como tal, se evaluarán sus propiedades físicas y mecánicas en laboratorio.	Propiedades físicas del bioplástico	Peso		g.
					Humedad		%
					Espesor		cm
					Biodegradabilidad		Peso/días
				Propiedades mecánicas del bioplástico	Tracción		N/cm ²
					Elongación		%

Anexo 2: Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>General: ¿Cómo se produce bioplástico a partir de la mezcla de limoneno de citrus limon, citrus sinensis, citrus reticulata en Independencia, 2023?</p>	<p>General: Producir bioplástico a partir de la mezcla de limoneno de citrus limon, citrus sinensis, citrus reticulata en Independencia, 2023.</p>	<p>General: Se produce bioplástico a partir de la mezcla de limoneno de citrus limon, citrus sinensis, citrus reticulata en Independencia, 2023</p>		<p>Características del Limoneno de <i>Citrus limon</i>, <i>Citrus sinensis</i> y <i>Citrus reticulata</i>.</p>	<p>temperatura</p> <p>pH</p> <p>densidad</p>	<p>Tipo: Aplicada</p> <p>Diseño: Experimental</p> <p>Población: Cáscaras de cítricos desechados del mercado “El Ermitaño” del distrito de independencia, provincia de Lima.</p> <p>Muestra: 12kg. de cáscara de naranja, 11kg. de cáscaras de limón y 9kg. de cáscaras de mandarina.</p> <p>Muestreo: No probabilístico</p> <p>Unidad de análisis: Bioplástico</p> <p>Técnica: Observación</p> <p>Instrumentos: Ficha de registros de datos</p>
<p>Específico 1: ¿Cuáles son las características de la del limoneno de citrus limon, citrus sinensis, citrus reticulata que permiten la producción de bioplástico en Independencia, 2023?</p>	<p>Específico 1: Determinar las características del limoneno de citrus limon, citrus sinensis, citrus reticulata que permiten la producción de bioplástico en Independencia, 2023.</p>	<p>Específica 1: Las características del limoneno de citrus limon, citrus sinensis, citrus reticulata permiten la producción de bioplástico en Independencia, 2023.</p>	<p>INDEPENDIENTE: Limoneno de <i>Citrus limon</i>, <i>Citrus sinensis</i> y <i>Citrus reticulata</i>.</p>	<p>Mezcla de Limoneno de <i>Citrus limon</i>, <i>Citrus sinensis</i> y <i>Citrus reticulata</i>.</p>	<p>Mezcla 1 10 mL. Limoneno de limón, 15 mL limoneno de naranja y 20 mL de limoneno de mandarina</p>	
<p>Específico 2: ¿Cuál es la mezcla óptima de limoneno de citrus limon, citrus sinensis, citrus reticulata según las propiedades físicas del bioplástico en Independencia, 2023?</p>	<p>Específico 2: Determinar la mezcla óptima de limoneno de <i>citrus limon</i>, <i>citrus sinensis</i>, <i>citrus reticulata</i> según las propiedades físicas del bioplástico en Independencia, 2023.</p>	<p>Específica 2: La mezcla 3 de limoneno de Citrus limon, Citrus sinensis, Citrus reticulata es óptima para la propiedad física de bioplástico en Independencia, 2023.</p>		<p>Mezcla 2 15 mL. Limoneno de limón, 20 mL limoneno de naranja y 25 mL de limoneno de mandarina</p>		
<p>Específico 3: ¿Cuál es la mezcla óptima de limoneno de citrus limon, citrus sinensis, citrus reticulata según las propiedades mecánicas del bioplástico en Independencia, 2023?</p>	<p>Específico 3: Determinar la mezcla óptima de limoneno de <i>citrus limon</i>, <i>citrus sinensis</i>, <i>citrus reticulata</i> según las propiedades mecánicas del bioplástico en Independencia, 2023.</p>	<p>Específica 3: La mezcla 3 de limoneno de Citrus limon, Citrus sinensis, Citrus reticulata es óptima para la propiedad mecánica de bioplástico en Independencia, 2023.</p>		<p>Mezcla 3 20 mL. Limoneno de limón, 25 mL limoneno de naranja y 30 mL de limoneno de mandarina</p>		
			<p>DEPENDIENTE: Producción de bioplástico</p>	<p>Propiedades físicas del bioplástico</p>	<p>Peso</p> <p>Humedad</p> <p>Espesor</p> <p>Biodegradabilidad</p>	
				<p>Propiedades mecánicas del bioplástico</p>	<p>Tracción</p> <p>Elongación</p>	

Anexo 4. Ficha de caracterización de limoneno de residuos de *Citrus limon*, *Citrus sinensis* y *Citrus reticulata*

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		Ficha de caracterización de limoneno de residuos de <i>Citrus limon</i> , <i>Citrus sinensis</i> y <i>Citrus reticulata</i>			
DATOS GENERALES					
Título	"Producción de bioplástico a partir de la mezcla de limoneno de <i>citrus limon</i> , <i>citrus sinensis</i> , <i>citrus reticulata</i> en Independencia, 2023".				
Línea de Investigación	Tratamiento y Gestión de los residuos.				
Escuela	Ingeniería Ambiental.				
Autores	- Arcos Farfán, Paola Gloria (orcid.org/0000-0003-3798-7577) - Mena Cruz, Jahayra Zara (orcid.org/0000-0002-2033-6930)				
Asesor	Mg. Bañon Arias, Jonnatan Victor (orcid.org/0000-0002-0996-9593)				
Ubicación	ucv				
Fecha	14-03-23		Hora		3:29pm
DATOS DE CARACTERIZACIÓN					
Código de muestra	Tipo de muestra	Indicador			Observación
		Temperatura (T°)	pH (unidad de pH)	Densidad g/cm ³	Observación

Atentamente,

 Nombre y apellidos
 Juan Julio Chirinos Galvez
 DNI: 08447308


 Ing. María Paulina Aliaga Martínez.
 CP: 59443


 Dr. Ing. Jorge Leonardo Jave Nakayo.
 DNI: 01066853 Teléfono: 994552085

Anexo 5. Ficha de producción de bioplástico

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		Ficha de producción de bioplástico			
DATOS GENERALES					
Título	"Producción de bioplástico a partir de la mezcla de limoneno de <i>citrus limon</i> , <i>citrus sinensis</i> , <i>citrus reticulata</i> en Independencia, 2023".				
Línea de Investigación	Tratamiento y Gestión de los residuos.				
Escuela	Ingeniería Ambiental.				
Autores	<ul style="list-style-type: none"> - Arcos Farfán, Paola Gloria (0000-0003-3798-7577) - Mena Cruz, Jahayra Zara (0000-0002-2033-6930) 				
Asesor	Mg. Bañon Arias, Jonnatan Victor (0000-0002-0996-9593)				
Ubicación					
Fecha		Hora			
DATOS DE ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICO					
Código de mezcla	Repeticiones	Cantidad de glicerina (mL)	Cantidad de ácido acético (mL)	Cantidad de agua destilada (mL)	Cantidad de limoneno (mL)
	R1				
	R2				
	R3				
	R1				
	R2				
	R3				
	R1				
	R2				
	R3				



Nombre y apellidos
Juan Julio Espinoza Galvez
DNI: 08447308



Ing. María Padilina Aliaga Martínez.
CP:59443



Dr. Ing. Jorge Leonardo Jave Nakayo.
DNI: 01066853 Teléfono: 994552085

Anexo 6. Ficha de análisis de propiedades físico-mecánicas del bioplástico

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		Ficha de análisis de propiedades físico-mecánicas del bioplástico				
DATOS GENERALES						
Título	"Producción de bioplástico a partir de la mezcla de limoneno de <i>citrus limon</i> , <i>citrus sinensis</i> , <i>citrus reticulata</i> en Independencia, 2023".					
Línea de Investigación	Tratamiento y Gestión de los residuos.					
Escuela	Ingeniería Ambiental.					
Autores	<ul style="list-style-type: none"> - Arcos Farfán, Paola Gloria (0000-0003-3798-7577) - Mena Cruz, Jahayra Zara (0000-0002-2033-6930) 					
Asesor	Mg. Bañon Arias, Jonnatan Victor (0000-0002-0996-9593)					
Ubicación						
Fecha			Hora			
DATOS DE PROPIEDADES DEL BIOPLÁSTICO						
Mezcla	Propiedades	Parámetros de control	Unidad	Repeticiones		
				R1	R2	R3
	Físicos	Peso	g.			
		Humedad	%			
		Espesor	Cm			
		Biodegradabilidad	Peso/días			
	Mecánicos	Tracción	N/cm ²			
		Elongación	%			
	Físicos	Peso	g.			
		Humedad	%			
		Espesor	Cm			
		Biodegradabilidad	Peso/días			
	Mecánicos	Tracción	N/cm ²			
		Elongación	%			
	Físicos	Peso	g.			
		Humedad	%			
		Espesor	Cm			
		Biodegradabilidad	Peso/días			
	Mecánicos	Tracción	N/cm ²			
		Elongación	%			



 Nombre y apellidos
 Juan Julio Cordero Galvez
 DNI: 08447308



 Dr. Ing. Jorge Leonardo Jave Nakayo
 DNI: 01066853 Teléfono: 994552085



 Ing. María Paulina Aliaga Martínez
 CP:59443

Anexo 7. Resultados fisico-mecánicos de bioplástico de mezcla 1



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE CIENCIAS
LABORATORIO LABICER
ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN



INFORME DE ENSAYO N° 0687 – 23 – LABICER

- 1. DATOS DEL CLIENTE**
 - 1.1. NOMBRE / RAZÓN SOCIAL : CHARLENNE JAHAYRA ZARA MENA CRUZ/
PAOLA GLORIA ARCOS FARFÁN
 - 1.2. D.N.I / R.U.C. : 72218443/ 7143558
 - 1.3. DIRECCIÓN : --
- 2. CRONOGRAMA DE FECHAS**
 - 2.1. FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : 01 / 06 / 2023
 - 2.2. FECHA DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO : 07 / 06 / 2023
 - 2.3. FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME : 12 / 06 / 2023
- 3. ANÁLISIS SOLICITADO** : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y ELONGACIÓN
- 4. DATOS DE LA MUESTRA**
 - 4.1. TIPO DE MUESTRA : BIOPLÁSTICO
 - 4.2. IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE BIOPLÁSTICO
 - 4.3. DESCRIPCIÓN : CÓDIGO: MPD01
 - 4.4. TESIS : "PRODUCCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA MEZCLA DE LIMONENO DE CITRUS LIMÓN, CITRUS SINENSIS, CITRUS RETICULATA EN INDEPENDENCIA, 2023"
 - 4.5. OBSERVACIONES (SI APLICA) : --
- 5. LUGAR DE RECEPCIÓN Y ANÁLISIS** : LABORATORIO LABICER-UNI
- 6. CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 23.0 °C; Humedad relativa: 60 %
- 7. RESULTADOS**
 - 7.1 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y ELONGACIÓN

REPETICIÓN	HUMEDAD (%)	ESPESOR (mm)	ANCHO (mm)	LONGITUD		ELONGACIÓN A LA TRACCIÓN MÁXIMA (%)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN MÁXIMA (N/cm ²)	MÉTODO DE REFERENCIA (1)
				INICIAL (cm)	FINAL (cm)			
1	72	2.00	36.85	15.56	18.30	4.60	11.94	ASTM D882
2	70	2.00	38.15	15.58	17.62	4.40	11.89	
3	73	2.00	33.07	15.80	16.43	4.10	11.75	

(1) Método de ensayo de referencia o técnica aceptada por el cliente. Condiciones de ensayo: Velocidad de ensayo 12.5mm/min, Temperatura de ensayo: 22.5°C. Equipo: Máquina de tracción universal. ZWICK ROELL, 2010.

- 8. VALIDEZ DEL INFORME DE ENSAYO**
Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas, descrita(s) en el ítem 4 del presente documento.

Bach. David Rojas M.
Analista
LABICER –UNI



M.Sc. Ily Marilu Maza Mejía
Jefe de Laboratorio
CQP 1149

NOTAS:

1. LABICER-UNI no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.
2. LABICER-UNI no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, incluidos en los ítems 1 y del 4.1 al 4.3 del presente documento.
3. Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
4. Este documento carece de validez sin sello y firmas correspondientes.

INFORME DE ENSAYO N° 0687-23- LABICER

Página 1 de 3

Prohibida la alteración o uso indebido del presente informe. Prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de LABICER-UNI.
Av. Túpac Amaru 210, Rimac-Lima-Perú. Teléfonos: (511) 481 1070 Anexo: 5018 / (511) 382 0500. E-mail: labicer@uni.edu.pe

Anexo 8. Resultados fisico-mecánicos de bioplástico de mezcla 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE CIENCIAS
LABORATORIO LABICER
ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN



INFORME DE ENSAYO N° 0688 – 23 – LABICER

1. **DATOS DEL CLIENTE**
 - 1.1. NOMBRE / RAZÓN SOCIAL : CHARLENNE JAHAYRA ZARA MENA CRUZ/
PAOLA GLORIA ARCOS FARFÁN
 - 1.2. D.N.I / R.U.C. : 72218443/ 7143558
 - 1.3. DIRECCIÓN : --
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
 - 2.1. FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : 01 / 06 / 2023
 - 2.2. FECHA DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO : 07 / 06 / 2023
 - 2.3. FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME : 12 / 06 / 2023
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y ELONGACIÓN
4. **DATOS DE LA MUESTRA**
 - 4.1. TIPO DE MUESTRA : BIOPLÁSTICO
 - 4.2. IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE BIOPLÁSTICO
 - 4.3. DESCRIPCIÓN : CÓDIGO: MPD02
 - 4.4. TESIS : "PRODUCCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA MEZCLA DE LIMONENO DE CITRUS LIMÓN, CITRUS SINENSIS, CITRUS RETICULATA EN INDEPENDENCIA, 2023"
 - 4.5. OBSERVACIONES (SI APLICA) : --
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN Y ANÁLISIS** : LABORATORIO LABICER-UNI
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 23.0 °C; Humedad relativa: 60 %
7. **RESULTADOS**
 - 7.1 **ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y ELONGACIÓN**

REPETICIÓN	HUMEDAD (%)	ESPESOR (mm)	ANCHO (mm)	LONGITUD		ELONGACIÓN A LA TRACCIÓN MÁXIMA (%)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN MÁXIMA (N/cm ²)	MÉTODO DE REFERENCIA (1)
				INICIAL (cm)	FINAL (cm)			
1	67	2.00	29.58	15.37	15.42	8.6	22.97	ASTM D882
2	69	2.00	30.74	15.48	16.28	8.3	22.75	
3	66	2.00	30.45	15.14	16.87	8.7	23.11	

(1) Método de ensayo de referencia o técnica aceptada por el cliente. Condiciones de ensayo: Velocidad de ensayo 12.5mm/min, Temperatura de ensayo: 22.5°C. Equipo: Máquina de tracción universal. ZWICK ROELL, Z10.

8. **VALIDEZ DEL INFORME DE ENSAYO**
Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas, descrita(s) en el ítem 4 del presente documento.


Bach. David Rojas M.
Analista
LABICER –UNI




M.Sc. Ily Mariú Maza Mejía
Jefe de Laboratorio
CQP 1149

NOTAS:

1. LABICER-UNI no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.
2. LABICER-UNI no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, incluidos en los ítems 1 y del 4.1 al 4.3 del presente documento.
3. Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
4. Este documento carece de validez sin sello y firmas correspondientes.

INFORME DE ENSAYO N° 0688-23- LABICER

Página 1 de 3

Prohibida la alteración o uso indebido del presente informe. Prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de LABICER-UNI.
Av. Túpac Amaru 210, Rimac-Lima-Perú. Teléfonos: (511) 481 1070 Anexo: 5018 / (511) 382 0500. E-mail: labicer@uni.edu.pe

Anexo 9. Resultados fisico-mecánicos de bioplástico de mezcla 3



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE CIENCIAS
LABORATORIO LABICER
ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN



INFORME DE ENSAYO N° 0689 – 23 – LABICER

- 1. DATOS DEL CLIENTE**
 - 1.1. NOMBRE / RAZÓN SOCIAL : CHARLENNE JAHAYRA ZARA MENA CRUZ/
PAOLA GLORIA ARCOS FARFÁN
 - 1.2. D.N.I / R.U.C. : 72218443/ 7143558
 - 1.3. DIRECCIÓN : --
- 2. CRONOGRAMA DE FECHAS**
 - 2.1. FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : 01 / 06 / 2023
 - 2.2. FECHA DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO : 07 / 06 / 2023
 - 2.3. FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME : 12 / 06 / 2023
- 3. ANÁLISIS SOLICITADO** : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y ELONGACIÓN
- 4. DATOS DE LA MUESTRA**
 - 4.1. TIPO DE MUESTRA : BIOPLÁSTICO
 - 4.2. IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE BIOPLÁSTICO
 - 4.3. DESCRIPCIÓN : CÓDIGO: MPD03
 - 4.4. TESIS : "PRODUCCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA MEZCLA DE LIMONENO DE CITRUS LIMÓN, CITRUS SINENSIS, CITRUS RETICULATA EN INDEPENDENCIA, 2023"
 - 4.5. OBSERVACIONES (SI APLICA) : --
- 5. LUGAR DE RECEPCIÓN Y ANÁLISIS** : LABORATORIO LABICER-UNI
- 6. CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 23.0 °C; Humedad relativa: 60 %
- 7. RESULTADOS**
 - 7.1 **ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y ELONGACIÓN**

REPETICIÓN	HUMEDAD (%)	ESPESOR (mm)	ANCHO (mm)	LONGITUD		ELONGACIÓN A LA TRACCIÓN MÁXIMA (%)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN MÁXIMA (N/cm ²)	MÉTODO DE REFERENCIA (1)
				INICIAL (cm)	FINAL (cm)			
1	66	2.00	30.82	15.10	16.82	11.4	30.57	ASTM D882
2	65	2.00	30.92	15.14	16.90	11.7	31.24	
3	63	2.00	31.19	15.09	15.74	12.1	32.16	

(1) Método de ensayo de referencia o técnica aceptada por el cliente. Condiciones de ensayo: Velocidad de ensayo 12.5mm/min, Temperatura de ensayo: 22.5°C. Equipo: Máquina de tracción universal. ZWICK ROELL, 2010.

- 8. VALIDEZ DEL INFORME DE ENSAYO**
Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas, descrita(s) en el ítem 4 del presente documento.


Bach. David Rojas M.
Analista
LABICER –UNI




M.Sc. Ily Mariú Maza Mejía
Jefe de Laboratorio
CQP 1149

NOTAS:

1. LABICER-UNI no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.
2. LABICER-UNI no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, incluidos en los ítems 1 y del 4.1 al 4.3 del presente documento.
3. Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
4. Este documento carece de validez sin sellos y firmas correspondientes.

INFORME DE ENSAYO N° 0689-23- LABICER

Página 1 de 3

Prohibida la alteración o uso indebido del presente informe. Prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de LABICER-UNI.
Av. Túpac Amaru 210, Rímac-Lima-Perú. Teléfonos: (511) 481 1070 Anexo: 5018 / (511) 382 0500. E-mail: labicer@uni.edu.pe

Anexo 10. Certificado de calibración – MAQUINA DE TRACCIÓN ZWICK ROELL, Z010



HTL

HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE

LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 1 de 2

INFORME DE ENSAYO N°	CC-007-2023	EDICION N° 1	Fecha de emisión:	10-03-2023
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN				
1. DATOS DEL SOLICITANTE				
Razón Social	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA			
	Laboratorio LABICER de la Facultad de Ciencias			
Ruc	: 20169004359			
Dirección	: AV. TUPAC AMARU NRO. 210 (KM. 4.5 TUPAC AMARU) LIMA - LIMA - RIMAC			
2. DATOS DEL EQUIPO				
MÁQUINA DE ENSAYO	Marca	: ZWICK/ROELL		
	Modelo	: Z010		
	Serie	: 202763/2011		
	Capacidad Máxima	: 10 Kn		
	División mínima	: 0.01 N		
	Clase de exactitud	: (III)		
	Tipo de ensayo	: Tracción		
	Tipo de indicación	: Digital		
Procedencia	: Alemania			
3. MÉTODO DE CALIBRACIÓN				
<p>La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la fuerza generada en la celda de referencia calibrada y el equipo bajo prueba, tomando como referencia la norma ISO 7500-2: 2004 Materiales Metálicos. Verificación de máquinas de ensayos uniaxiales. Parte 1: Máquinas de ensayo tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza.</p>				<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados del certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.</p> <p>El usuario está en la obligación de recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado y el tiempo de uso del instrumento.</p>
4. LUGAR DE CALIBRACIÓN				
Fecha de calibración	10 de Marzo del 2023			
Lugar de Calibración	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Laboratorio LABICER de la Facultad de Ciencias Av. Tupac Amaru 210, Rimac - Lima			
5. CONDICIONES DE ENSAYO				
	Inicial	Final		
Temperatura	19.5 °C	19.4 °C		
Humedad Relativa	58 %HR	57 %HR		
6. PATRONES DE REFERENCIA				
Trazabilidad	Patrón	Identificación	Certificado de Calibración	
DM-INACAL	Termohigrómetro	PT-TH-02	LH-088-2021 Cal: Septiembre 2022	
METROIL	Juego de pesas 1g a 2kg / M2	PM-JM2-02	LMM-2022-018 Cal: Febrero 2022	
METROIL	Juego de pesas 5kg, 10kg, 20kg/M2	PM-JM2-01	LMM-2022-024 Cal: Marzo 2022	



Jr. Nepentás 364 Urb. San Silvestre - San Juan de Lurigancho - Lima +51 997 123 584 // 949 059 602

ventas@htlperu.com // calidad@htlperu.com www.htlperu.com



HTL

HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE

LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 2 de 2

7. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

Indicación del Equipo (N)	Indicación del Patrón (N)	Corrección (N)	Incertidumbre (N)
20.45	20.00	-0.45	0.01
49.99	50.00	0.01	0.01
100.08	100.00	-0.08	0.01
149.71	150.00	0.29	0.01
199.50	200.00	0.50	0.01
249.46	250.00	0.54	0.01
299.62	300.00	0.38	0.01
349.51	350.00	0.49	0.01
398.78	400.00	1.22	0.01
498.26	500.00	1.74	0.01

Indicación del Equipo (kg)	Errores Relativos			
	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resolución Relativa a (%)
20.45	2.25	0.32	---	0.00
49.99	0.02	0.32	---	0.00
100.08	0.08	0.33	---	0.00
149.71	0.19	0.34	---	0.00
199.50	0.25	0.35	---	0.00
249.46	0.22	0.36	---	1.00
299.62	0.13	0.35	---	2.00
349.51	0.14	0.31	---	0.00
398.78	0.31	0.35	---	1.00
498.26	0.35	0.31	---	0.00

Retorno a Cero f_0 0.000%

Clase de la escala de la máquina	Errores Relativos				
	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resolución Relativa a (%)	Cero f_0 (%)
0.5	± 0.5	0.5	± 0.75	0.25	0.05
1	± 1	1.0	± 1.5	0.5	0.1
2	± 2	2.0	± 3.0	1.0	0.2
3	± 3	3.0	± 4.5	1.5	0.3

8. OBSERVACIONES

- * La incertidumbre de la medición que se presenta está basada en una incertidumbre estándar multiplicado por un factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.
- * Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".

9. CONCLUSIONES

- * De las mediciones realizadas se concluye que el instrumento se encuentra calibrado debido a que los valores medidos están dentro del rango normal de operación.
- * Se recomienda realizar la próxima calibración en un plazo no mayor a un año desde la emisión de la misma.



ROBERT NICK EUSEBIO TEHERAN
CIP: 193364
INGENIERO MECÁNICO
Jefe de Laboratorio



HTL

HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE

FIN DEL DOCUMENTO